



**KENGER SAKIZI BAZLI FONKSIYONEL YUMUŞAK ŞEKERLEME
GELİŞTİRİLMESİ**

RECEP GÜNEŞ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Şefik KURULTAY

2022

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



KENGER SAKIZI BAZLI FONKSİYONEL YUMUŞAK ŞEKERLEME
GELİŞTİRİLMESİ

RECEP GÜNEŞ

ORCID: 0000-0002-8007-8697

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ
Danışman: Prof. Dr. Şefik KURULTAY

MART-2022
Her hakkı saklıdır.

ÖZET

KENGER SAKIZI BAZLI FONKSİYONEL YUMUŞAK ŞEKERLEME GELİŞTİRİLMESİ

Recep GÜNEŞ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Şefik KURULTAY

Bu çalışmada, toffee tipi yumuşak şekerlemelerde yeni bir üretim prosesi ile birlikte jelatin yerine kenger sakızı kullanım olanağı incelenmiş ve bu amaçla formülasyon optimizasyonu yapılmıştır. Kenger sakızlı şekerli ve şekersiz ürünlerin üretiminde laboratuvar tipi z-blade mikser (z yoğurma makinesi) kullanılmış olup, formülasyonlar optimize edildikten sonra şekerli ve şekersiz formülasyonlara ve standart ticari üretim olan kontrol grubuna doğal mavi renk maddesi olarak toz formda fikosiyanin katılmıştır. Ardından hazırlanan örnekler $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ve 40°C 'de muhafaza edilerek renk stabilitesi incelenmiştir. Akabinde, $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilen örneklerde 5 ay süre boyunca periyodik olarak kalite analizleri gerçekleştirilmiştir. Son kısımda ise, kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplara laktik asit bazlı propolis ilave edilmiş ve 5 aylık depolama süresi boyunca üretilen ürünlerde çeşitli parametreler gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yumuşak şekerleme, Kenger sakızı, Fikosiyanin, Laktik asit bazlı propolis

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF KENGER GUM BASED FUNCTIONAL SOFT CANDY

RECEP GÜNEŞ

Department of Food Engineering

PhD Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Şefik KURULTAY

In this study, the possibility of using kenger gum instead of gelatin in toffee type soft candies with a new production process was examined and formulation optimization was made for this purpose. A laboratory type z-blade mixer (z kneading machine) was used in the production of kenger gum-added sugary and sugar-free products, and after the formulations were optimized, phycocyanin in powder form, as a natural blue colorant, was added to these new formulations and control group (conventional production). Then, the prepared samples were stored at $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ and 40°C for color stability. Subsequently, quality analyzes were carried out periodically for 5 months on the samples kept at $20\pm 2^{\circ}\text{C}$. In the last part, lactic acid-based propolis was added to control, sugared and sugar-free soft candy groups produced with kenger gum, and various parameters were observed in these products during the 5-month storage period.

Keywords: Soft candy, Kenger gum, Phycocyanin, Lactic acid based propolis

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER DİZİNİ	x
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
TEŞEKKÜR.....	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	3
1.1.1 Şekerleme Sektörü.....	3
1.1.2 Yumuşak Şekerleme Ürünleri	4
1.1.3 Fonksiyonel Yumuşak Şekerleme Üretimi Üzerine Yapılan Çalışmalar	10
1.1.4 Kenger Bitkisi (<i>Gundelia tournefortii</i> L.) ve Kenger Sakızı.....	20
1.1.5 Propolis.....	24
1.1.6 Mavi-Yeşil Algler, <i>Spirulina platensis</i> ve Fikosiyanin	26
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	31
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	33
2.1 Materyal.....	33
2.2 Yöntem	34
2.2.1 Konvansiyonel Çiğnenebilir Yumuşak Şekerleme Üretimi	34
2.2.2 Yeni Proses Şekerli Çiğnenebilir Yumuşak Şekerleme Üretimi ve Bileşen Optimizasyonu.....	34
2.2.3 Yeni Proses Şekersiz Çiğnenebilir Yumuşak Şekerleme Üretimi ve Bileşen Optimizasyonu.....	37
2.2.4 Yumuşak Şekerlemelere Doğal Mavi Renklendirici (Fikosiyanin) Katılması.....	39

2.2.5	Yumuşak Şekerlemelere Laktik Asit Bazlı Propolis Katılması.....	39
2.2.6	Yumuşak Şekerlemelerin Ambalajlanması ve Depolanması.....	40
2.2.7	Su Aktivitesi (a_w) Tayini	40
2.2.8	pH Tayini.....	40
2.2.9	Renk Analizi.....	40
2.2.10	Tekstür Analizi	41
2.2.11	Duyusal Analiz	42
2.2.12	DSC Analizi.....	42
2.2.13	İstatiksel Analizler.....	43
3.	ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	44
3.1	Kenger Sakızlı Şekerli ve Şekersiz Örneklerin Üretim Optimizasyon Sonuçları...	44
3.2	Su Aktivitesi Sonuçları.....	47
3.2.1	Fikosiyaninli Örneklerin Su Aktivitesi (a_w) Analizi Sonuçları	47
3.2.2	Propolisli Örneklerin Su Aktivitesi (a_w) Analizi Sonuçları.....	51
3.3	pH Analizi Sonuçları	53
3.3.1	Fikosiyaninli Örneklerin pH Değerleri.....	53
3.3.2	Propolisli Örneklerin pH Değerleri	55
3.4	Renk Analizi Sonuçları.....	56
3.4.1	Fikosiyaninli Örneklerin Renk Özellikleri	56
3.4.2	Propolisli Örneklerin Renk Özellikleri.....	69
3.5	Tekstür Analiz Sonuçları.....	72
3.5.1	Fikosiyaninli Örneklerin Tekstür Özellikleri	72
3.5.2	Propolisli Örneklerin Tekstür Özellikleri	83
3.6	DSC Analizi Sonuçları	88
3.6.1	Fikosiyaninli Örneklerin Tg (°C) Değerleri	88
3.6.2	Propolisli Örneklerin Tg (°C) Değerleri.....	91

3.7 Duyusal Analiz Sonuçları.....	92
3.7.1 Fikosiyaninli Örneklerin Duyusal Özellikleri	92
3.7.2 Propolisli Örneklerin Duyusal Özellikleri.....	103
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	108
KAYNAKLAR.....	111



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Çeşitli poliollerin (şeker alkolleri) fiziko-kimyasal özellikleri	9
Çizelge 1.2. <i>S. platensis</i> biyokütlesinin kimyasal bileşimi.....	28
Çizelge 2.1. Kontrol grubu yumuşak şekerleme ürününe ait referans formülasyon	34
Çizelge 2.2. Karışım dizaynına göre yeni teknikle üretimi planlanan kenger sakızı içeren şekerli yumuşak şekerleme örneklerine ait deneme aktüel değerleri (g/100 g)	36
Çizelge 2.3. Karışım dizaynına göre yeni prosesle üretimi planlanan kenger sakızı içeren şekersiz yumuşak şekerleme örneklerine ait deneme aktüel değerleri (g/100 g)	38
Çizelge 3.1. Optimize edilmiş kenger sakızı içeren şekerli çiğnenebilir yumuşak şekerleme formülasyonu.....	44
Çizelge 3.2. Optimize edilmiş kenger sakızı içeren şekersiz çiğnenebilir yumuşak şekerleme formülasyonu.....	44
Çizelge 3.3. Fikosiyaninli yumuşak şekerleme örneklerinin su aktivitesi değerleri	48
Çizelge 3.4. Propolisli yumuşak şekerleme örneklerinin su aktivitesi değerleri.....	52
Çizelge 3.5. 20±2°C'de muhafaza edilen fikosiyaninli örneklerin pH değerleri	54
Çizelge 3.6. 20±2°C'de muhafaza edilen propolisli örneklerin pH değerleri.....	55
Çizelge 3.7. Farklı koşullarda muhafaza edilen fikosiyaninli örneklerin depolama süresine bağlı olarak ΔE değerleri	63
Çizelge 3.8. 20±2°C'de ve 40°C'de muhafaza edilen fikosiyaninli örneklerde b* değeri için karşılaştırmalı gün analizi.....	68
Çizelge 3.9. 20±2°C'de 5 ay boyunca depolanan propolisli yumuşak şekerleme örneklerinin renk özellikleri.....	71
Çizelge 3.10. 20±2°C'de muhafaza edilen fikosiyaninli örneklerin sertlik değerleri.....	73
Çizelge 3.11. 20±2°C'de muhafaza edilen fikosiyaninli örneklerin çiğnenebilirlik değerleri .	76
Çizelge 3.12. 20±2°C'de muhafaza edilen fikosiyaninli örneklerin kohesivlik değerleri	79
Çizelge 3.13. 20±2°C'de muhafaza edilen fikosiyaninli örneklerin yapışkanlık değerleri	81
Çizelge 3.14. 20±2°C'de muhafaza edilen fikosiyaninli örneklerin esneklik değerleri	83
Çizelge 3.15. 20±2°C'de muhafaza edilen propolisli örneklerin sertlik değerleri.....	84
Çizelge 3.16. 20±2°C'de muhafaza edilen propolisli örneklerin çiğnenebilirlik değerleri	85

Çizelge 3.17. $20\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilen propolisli örneklerin kohesivlik değerleri	86
Çizelge 3.18. $20\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilen propolisli örneklerin yapışkanlık değerleri	87
Çizelge 3.19. $20\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilen propolisli örneklerin esneklik değerleri	88
Çizelge 3.20. Fikosiyaninli yumuşak şekerleme örneklerinin Tg ($^{\circ}\text{C}$) değerleri	89
Çizelge 3.21. Propolisli yumuşak şekerleme örneklerinin Tg ($^{\circ}\text{C}$) değerleri.....	92
Çizelge 3.22. Pearson korelasyon testi ile depolama süresince tüm grupların duyusal sertlik skorları ile tekstür analiz sonuçlarının (hardness) ilişkisi	97
Çizelge 3.23. Pearson korelasyon testi ile depolama süresince tüm grupların duyusal çiğnenebilirlik skorları ile tekstür analiz sonuçlarının (chewiness) ilişkisi.....	99
Çizelge 3.24. Pearson korelasyon testi ile depolama süresince tüm grupların duyusal yapışkanlık skorları ile tekstür analiz sonuçlarının (adhesiveness) ilişkisi	100

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Yıllara göre Türkiye şekerleme ürünleri ihracat verileri.....	4
Şekil 1.2. Jelly tipi (sol) ve toffee tipi (sağ) yumuşak şekerlemelerin üretim prosesi.....	8
Şekil 1.3. Şekerleme teknolojisinde çeşitli ürün gruplarında yapılan fonksiyonellik eğilimleri	11
Şekil 1.4. <i>G. tournefortii</i> L.'nin botanik illüstrasyonu.....	22
Şekil 1.5. <i>G. tournefortii</i> L.'nin doğada (sol) ve tarladaki (sağ) görüntüsü.....	23
Şekil 1.6. <i>S. platensis</i> filamentlerinin optik mikroskopta (sol) ve taramalı elektron mikroskopunda (sağ) görünüşü	28
Şekil 2.1. Kenger sakızı (bütün) (a), kenger sakızı (öğütülmüş) (b), Üretim mikseri (c), Laktik asit bazlı propolis ekstraktı (d), Fikosiyanin (e)	33
Şekil 2.2. Kenger sakızı içeren şekerli çiğnenebilir yumuşak şekerlemelere ait deneme formülasyonlarının üretim sonrası yüzey görünüşleri	36
Şekil 2.3. Kenger sakızı içeren şekersiz çiğnenebilir yumuşak şekerlemelere ait deneme formülasyonlarının üretim sonrası yüzey görünüşleri	38
Şekil 2.4. Fikosiyanin içeren kenger sakızlı şekersiz örneklerle ait bir termogram örneği.....	43
Şekil 3.1. Sırasıyla; ticari kontrol toffee hamuru örneği (i), optimize edilmiş kenger sakızlı şekerli toffee hamuru örneği (ii), optimize edilmiş kenger sakızlı şekersiz toffee hamuru örneği (iii).....	45
Şekil 3.2. Fikosiyaninli yumuşak şekerleme ürünlerinin görseli.....	57
Şekil 3.3. Depolamadaki farklılığa göre kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplara ait örneklerin zamana bağlı L^* değerlerindeki değişim	60
Şekil 3.4. Depolamadaki farklılığa göre kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplara ait örneklerin zamana bağlı a^* değerlerindeki değişim	61
Şekil 3.5. Depolamadaki farklılığa göre kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplara ait örneklerin zamana bağlı b^* değerlerindeki değişim.....	62
Şekil 3.6. Farklı sıcaklıklarda depolama yapılan fikosiyaninli örneklerde mavi renk (b^*) için karşılaştırmalı gün analizine ait grafik	68
Şekil 3.7. Propolis ilaveli yumuşak şekerleme örnekleri.....	69
Şekil 3.8. $20\pm 2^\circ\text{C}$ 'de muhafaza edilen fikosiyaninli örneklerin 5 ay boyunca sırasıyla 0., 30., 60., 90., 120. ve 150. günlerde yapılan duyusal analiz sonuçları	94

Şekil 3.9. 20±2°C'de muhafaza edilen propolisli örneklerin 5 ay boyunca sırasıyla 0., 75. ve 150. günlerde yapılan duyusal analiz sonuçları.....	104
--	-----



SİMGELER DİZİNİ

μ	Mikro
μg	Mikrogram
μl	Mikrolitre
μm	Mikrometre
a^*	Kırmızı-yeşil
a_w	Su aktivitesi
b^*	Sarı-mavi
C	Karbon
cm	Santimetre
C-PC	C-Fikosiyanin
g	Gram
H	Hidrojen
Ka	Asitlik sabiti
kg	Kilogram
L^*	Parlaklık
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mm^2	Milimetre kare
N	Newton
O	Oksijen
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derecesi
pH	Potansiyel hidrojen
r	Korelasyon katsayısı
s	Saniye
Tg	Camsı geçiş sıcaklığı
w/w	Ağırlıkça yüzde

KISALTMALAR DİZİNİ

ADI	Acceptable daily intake
BSE	Bovine spongiform encephalopathy
CIE	International commission on illumination
CUPRAC	Cupric reducing antioxidant capacity
DE	Dekstroz eşdeğeri
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
DSC	Differential scanning calorimetry
E133	Brilliant blue
E18	Mavi fikosiyanin tozu
ERH	Equilibrium relative humidity
FDA	Food and drug administration
FTIR	Fourier transform infrared spectroscopy
GRAS	Generally recognized as safe
GTİP	Gümrük tarife istatistik pozisyonu
HM	High methoxyl
PE	Polietilen
ŞLİ	Şekerli
ŞSİZ	Şekersiz
TPA	Tekstür profil analizi
TSS	Total soluble solid
UK	United Kingdom
USA	United States of America

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim esnasında tüm sorularımı her zaman yanıtlayan, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan çok değerli danışmanım Prof. Dr. Şefik KURULTAY'a, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, tez çalışmamın her aşamasını takip ederek, değerli fikir ve görüşleriyle bana yol gösteren, hiçbir zaman beni geri çevirmeyen ve tezimin her aşamasında daima çözüm odaklı davranan Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK'a, Namık Kemal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nün tüm değerli akademik personeline, tez çalışmalarımda her türlü konuda bana yardımcı olan, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan Prof. Dr. Nevzat KONAR'a ve Doç. Dr. Ömer Said TOKER'e, Araştırma Görevlisi olarak çalıştığım Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümündeki saygıdeğer hocalarıma çalışmalarımı yürütebilmem için sağladıkları her türlü imkândan dolayı teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmamda kullandığım numunelerin teminindeki katkılarından dolayı yardımsever firma yetkililerine ve emeği geçen tüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Sevgi ve özveriyle bugünlere gelmemi sağlayan, anlayışları, hoşgörülerini ile her zaman yanımda olan canım aileme; tüm yoğunluklarına rağmen bana her zaman vakit ayırabilen, tüm sorularımı sabırla dinleyen ve çözüm bulmaya çalışan canım ablalarım Nilüfer GÜNEŞ ve Nilgün GÜNEŞ'e, varlıkları ile bana güven veren canım annem ve canım babama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Recep GÜNEŞ

Yüksek Gıda Mühendisi

1. GİRİŞ

Şekerleme ürünleri, özellikle çocuklar olmak üzere her yaş grubu tarafından büyük ilgi ve talep gören gıdaların büyük bir grubunu temsil etmektedir. Genel olarak üretilen ürünler arasında yumuşak veya sert şekerlemeler, dolgulu-dolgusuz şekerlemeler, çeşitli sakızlar, sütlü veya bitter çikolatalar, kaplamalı ürünler, drajeler yer almaktadır (Manjula ve Suneetha, 2014). Ancak bu ürünler, konvansiyonel bileşimlerinde yüksek oranda besleyici değeri olan veya olmayan, diğer bir deyişle doğal veya yapay şekerleri içermesi, buna karşın çeşitli makro ve mikro elementler, vitaminler ve karotenoidler gibi biyolojik olarak önemli aktif maddeleri içermemesi gibi belirli bir takım dezavantajlara sahiptir (Dorn, Savenkova, Sidorova ve Golub, 2015). Bu bakımdan, bu ürünlerin aşırı tüketimi diyetin besin değerini ve diyetle alınan enerji dengesini bozmaktadır. Aynı zamanda çeşitli araştırmalarda yüksek kalori alımının, obezite, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve bazı kanser türleri gibi çeşitli hastalıklarla ilişkili olduğunun belirtilmesi (Goran, Ulijaszek ve Ventura, 2013; Larsson, Bergkvist ve Wolk, 2006; Malik, Pan, Willett ve Hu, 2013), bu ürün grubunun tüketiciler tarafından olumsuz eleştiri almasına neden olmaktadır. Bu nedenle sağlığın iyileştirilmesi ve korunmasına, hastalıkların önlenmesine veya geciktirilmesine odaklanan beslenme araştırmalarından yola çıkılarak, diğer gıda teknolojisi alanlarında olduğu gibi şekerleme teknolojisinde de yeni formülasyonların ve özel pazarlama stratejilerinin geliştirilmesi amacıyla çeşitli araştırmalar yapılmaktadır (Valli, 2014). Diğer yandan, özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilerde, biyoaktif bileşenlerin dağıtımı için çeşitli şekerlemelerin kullanımı anahtar unsurlardan biri olarak görülmektedir (Belščak-Cvitanović vd., 2012). Ayrıca, bazı şekerleme ürünlerinin sahip olduğu fiziko-kimyasal özellikler de (düşük su aktivitesi, bağıl nem, pH vb.) bu amaçla kullanıma yönelik önemli avantajlar sunmaktadır. Tüm bunlara ilave olarak, tüketicilerin gıda pazarında var olan klasik şekerlemelerden ziyade fonksiyonel şekerleme ürünlerine yönelik önemli düzeyde talepleri de mevcuttur (Güneş, Palabıyık ve Kurultay, 2018).

Ürün formülasyonunda temel bileşen olarak çeşitli karbonhidratların yer aldığı şekerleme ürünlerini, sert ve yumuşak şekerleme olmak üzere iki ana kategoriye ayırmak mümkündür. Çalışma kapsamında olan yumuşak şekerlemeler de kendi içerisinde bileşim ve tekstür esaslı alt gruplar içermektedir. Genel olarak, yumuşak ve çiğnenebilir özellikteki şekerlemeler; jelatin, nişasta, pektin ve diğer hidrokolloidlerin kullanıldığı jel yapıdaki (jelly, gummy) ve sakkaroz, çeşitli yağlar ile süt bileşenlerinin temel yapı maddesi olarak

kullanıldığı farklı karakteristiğe ve prosese sahip çiğnenebilir yumuşak şekerlemeler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Burey, Bhandari, Rutgers, Halley ve Torley, 2009; Hartel, Von Elbe ve Hofberger, 2018a).

Fonksiyonel gıdalar, besleyici özelliğinin yanı sıra çeşitli hastalıkları ve/veya sağlık sorunlarını önleyici ve/veya tedavi amaçlı kullanılan gıdalar olarak tanımlanmaktadır (Doyon ve Labrecque, 2008; Martirosyan ve Singh, 2015). Son zamanlarda üretimi daha da artan fonksiyonel gıdaların oldukça geniş bir ürün yelpazesi bulunmaktadır. Dünya genelinde, probiyotik, prebiyotik, simbiyotik gıdaların yanı sıra antioksidanlar, izoflavonlar, fitosteroller ve antosiyaninlerce zenginleştirilmiş gıdalar ile yağı azaltılmış, şekeri azaltılmış veya tuzu azaltılmış fonksiyonel karakteristiğe sahip gıdaların üretimi yaygın bir şekilde yapılmaktadır (Das, Biswas ve Banerjee, 2016; Hunter ve Hegele, 2017; Pogorzelska-Nowicka, Atanasov, Horbańczuk ve Wierzbicka, 2018). Bu grupta değerlendirilen düşük kalorili gıdalar; düşük kalorili tatlandırıcılar veya yağ ikame edici maddeler ile üretilen, şeker ve yağ içeriği azaltılmış ürünleri kapsamaktadır (Herrera vd., 2015; McClements, 2015). Şekerleme teknolojisinde ise, oldukça geniş çaplı üretimi olan klasik sert ve yumuşak şekerlemelerin üretiminde kullanılan hammaddeler arasında çeşitli karbonhidratlar (sakkaroz, invert şeker, glikoz şurupları vb.) yer almaktadır (Hartel vd., 2018a). Bu nedenle, şeker tipinin değiştirilmesi veya şeker yerine başka bir hammaddenin kullanılması ürünün tekstür, renk, lezzet ve raf ömründe önemli değişikliklere neden olabileceğinden, her açıdan tatmin edici yeni bir ürünle sonuçlanabilecek alternatif çözümlerin bulunması oldukça zordur (De Souza vd., 2013; Riedel, Böhme ve Rohm, 2015).

Bu tez çalışmasında; yumuşak şekerleme üretiminde ürün formülasyonunda jelatin yerine kenger bitkisinin (*Gundelia tournefortii* L.) köklerinden elde edilen sakıza benzer lateks yapıdaki kıvamlı özüt (kenger sakızı) ve aynı zamanda üretimde laboratuvar tipi z-blade mikser kullanılarak yeni bir şekerli/şekersiz yumuşak şekerleme ürününün geliştirilmesi ve bileşen optimizasyonu hedeflenmiştir. Diğer yandan, kenger sakızı kullanılarak üretimi gerçekleştirilen yumuşak şekerlemelerin fonksiyonel niteliklerinin geliştirilmesi amacıyla; ilk defa *Spirulina plantesis* mikroalg türü orijinli doğal mavi renk kaynağı olan "fikosiyanin"in ve laktik asit bazlı sıvı "propolis"in ayrı ayrı ürün bileşiminde kullanım olanaklarının incelenmesi ve kontrol örnekleri ile karşılaştırması yapılmıştır.

1.1 Literatür Özeti

1.1.1 Şekerleme Sektörü

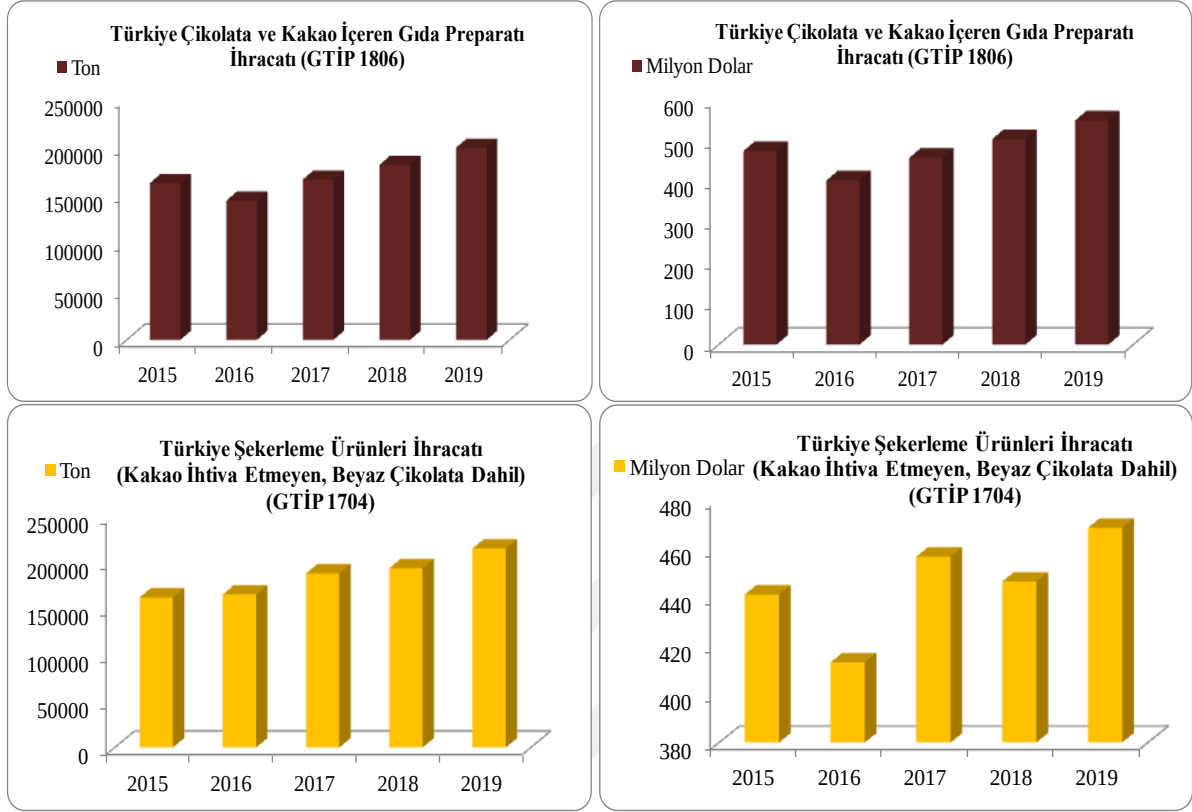
Şekerleme, genel olarak çeşitli karbonhidratlar ile türevlerinden elde edilen yenilebilir ürünler için kullanılan kolektif bir terimdir. Şekerleme sektöründe üretilen ürünler arasında sert şekerlemeler, yumuşak şekerlemeler, havalandırılmış şekerlemeler, sakızlar, çikolatalar ve kakao içeren diğer ürünler yer almaktadır. Söz konusu sektörde ürün yelpazesi neredeyse sınırsız olup genelde standart bir tanım olmadığından, firmaların aynı ürün için kullandıkları isimler de farklı olabilir. Bu ürünlerin en önemli ve esas bileşenlerini ise şeker (sakkaroz) ve glikoz şurubu oluşturmaktadır. Bununla birlikte, söz konusu ürünler, ilave edilen bileşenlere, üretim yöntemine, nem içeriğine, kullanılan şeker tipine ve kristal oluşumunun kontrolüne göre birbirlerinden oldukça farklılaşmaktadır (Godshall, 2016; Hartel vd., 2018a).

Küresel olarak, şekerleme ürünlerinin yaklaşık %39'unu klasik şekerlemeler (sert ve yumuşak şekerlemeler ile bunların çeşitli türevleri), %61'ini ise çikolata ve türevleri oluşturmaktadır. Bu oran ülkeler arasında büyük farklılıklar gösterebilir, nitekim toplum daha müreffeh hale geldikçe, çikolata tüketimi artma eğilimindedir (Godshall, 2016). Gelişmiş ülkelerde şekerleme tüketimi yıldan yıla çok az büyüme gösterir ve sektörel üretim ile dış ticaretin büyük bir kısmı bu gelişmiş ülkeler tarafından gerçekleştirilmektedir. Dünya şekerli ve çikolatalı mamuller sektöründe çok uluslu firmaların büyük hakimiyeti bulunmaktadır (Anonim, 2017). Bu üreticiler genel olarak üretim faaliyetlerini belirli bölgesel işletmelerde gerçekleştirmekte, buralardan ise ürünlerini tüm küresel pazara arz etmektedirler.

Türkiye'de şekerli ve çikolatalı mamuller sektörünün başlangıcı, bölgeden sağlanan hammaddelerle küçük çaplı işletmelerde lokum ve helva gibi geleneksel Türk şekerlemelerinin üretimine dayanmaktadır. Günümüzde, geleneksel üretim yöntemleriyle birlikte modern üretim teknolojisinin de kullanıldığı sektör, gıda sanayi içinde yer alan, üretiminde kullanılan hammaddeler, yardımcı maddeler ve ambalaj malzemeleri ile hem yan sanayisini hem de ürün yelpazesini geliştiren önemli sektörlerden bir tanesi durumuna gelmiştir (Anonim, 2017).

Şekil 1.1'de 2015-2019 yılları arasında Türkiye şekerleme ürünleri ihracat verileri yer almaktadır. Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) 1806 kodu ile tanımlanan “Çikolata ve Kakao İçeren Gıda Preparatları” ihracatında Türkiye, 2010 yılında 137204 ton ve 364,398

milyon dolar ihracat yaparken; 2019 yılında 2010 yılına göre değer olarak %51 artış göstererek 200391 ton ve 550,286 milyon dolar ihracat yapar konuma gelmiştir (Anonim, 2021a).



Şekil 1.1. Yıllara göre Türkiye şekerleme ürünleri ihracat verileri

Diğer yandan, 1704 GTİP kodu ile tanımlanan “Şekerleme Ürünleri (Kakao İçermeyen, Beyaz Çikolata Dahil)” ihracatında Türkiye, 2010 yılında 102976 ton üretim ve 278,957 milyon dolar ihracat yaparken; 2019 yılında 2010 yılına göre değer olarak %67,9 artış göstererek 215589 ton üretim ve 468,467 milyon dolar ihracat yapar konuma gelmiştir. Türkiye şekerleme sektörü bu pazar büyüklüğü ile Doğu Avrupa pazarında yaklaşık %11,5 ve global dünya pazarında ise yaklaşık %2,07 pay sahibidir (Anonim, 2021a).

1.1.2 Yumuşak Şekerleme Ürünleri

Yumuşak şekerlemeler, yüksek oranda sakkaroz ve glikoz şurubunun yanı sıra çeşitli hidrokolloidler (jel yapıcı ajanlar, stabilizatörler), yağlar, renklendiriciler, organik asitler ve aroma maddelerinin karışımından oluşan çiğnenebilir nitelikteki ürünlerdir (Marfil, Anhê ve Telis, 2012). Söz konusu ürünlerde sakkaroz (%40-50) ve glikoz şurubu (%50-60) ana bileşenlerdir. Üretimde tipik olarak, 42 veya 63 DE (dekstroz eşdeğeri) glikoz şurubu

kullanılırken, uygun glikoz şurubunun seçimi, ürünün tekstür, tatlılık, aroma salımı, mikrobiyal stabilite ve raf ömrü üzerinde etkili olmaktadır (Hartel vd., 2018a). Bu iki bileşenin yanı sıra, yumuşak şekerleme üretiminde ürünün yapısal özellikleri üzerinde büyük öneme sahip olan çeşitli hidrokolloidler kullanılmakta olup, bunlar arasında jelatin, nişasta ve pektin büyük öneme sahiptir (Burey vd., 2009). Ayrıca, agar agar, gum arabik, karragenan, gellan gum gibi farklı hidrokolloidler ve bunların kombinasyonları da üretimde tercih edilebilmektedir (Saha ve Bhattacharya, 2010). Nitekim, kullanılan her bir hidrokolloid ürüne kendi benzersiz tekstürünü ve organoleptik özelliklerini kazandırmaktadır (Hartel vd., 2018a).

Şekerleme ürünleri arasında en hızlı büyüme gösteren ürün grupları arasında yer alan yumuşak şekerlemeler kendi içerisinde; bileşim, tekstür, özellikle de çiğnenebilirlik esaslı alt gruplara ayrılmaktadır. Bu alt gruplandırmada, ürünün yapısal özelliklerinde esas etken olan çeşitli stabilizatör ve/veya hidrokolloidlerin kullanıldığı, kristalize şeker içermeyen (amorf yapıda), jelleştirilmiş yapıya sahip (jelly tipi) yumuşak şekerlemeler ile yapısında belirli oranda kristalize şeker içeren, üretim prosesi açısından ilk gruba göre farklılık gösteren ancak yine yumuşak/çiğnenebilir yapıda olan ve ürün yapısında hava/köpük bulunduran ürünler (aerated, havalandırılmış) yer almaktadır (DeMars ve Ziegler, 2001; Wang, 2017). Bu bağlamda, jelly tipi yumuşak şekerlemelerin üretim prosesi kullanılan hidrokolloid türüne göre farklılık gösterse de genel olarak, (i) kullanılan tatlandırıcıların ve hidrokolloidin çözündürülmesi için bileşenlerin karıştırılmasını, (ii) karışımın su içeriğinin azaltılması ve jelleşmenin başlatılması için pişirilmesini (100-120°C), (iii) pişirilen miksin soğutulması ve diğer bileşenlerin (renklendiriciler, aroma maddeleri ve çeşitli organik asitler) ilavesini, (iv) hazırlanan miksin kalıplara dozajlanmasını, (v) kalıplanmış ürünlerin olgunlaştırma odalarında fazla neminin giderilmesini, (vi) ürünlerin parlatılması veya çeşitli materyaller ile kaplanması aşamalarını içermektedir (De Avelar, Queiroz ve Efraim, 2020; Hartel, Von Elbe ve Hofberger, 2018b). Üretimde jelleştirici ajan olarak jelatin için %6-10'luk, nişasta için %10-30'luk bir çözelti ürün açısından uygun bir tekstür için yeterli olmaktadır (Hartel vd., 2018b).

Şekerleme sektöründe jelly tipi yumuşak şekerlemelerden bileşen, üretim prosesi ve yapı olarak farklılık gösteren başka bir yumuşak şekerleme kategorisi daha mevcuttur. Bu grupta yer alan yumuşak şekerlemelerin üretiminde öncelikle bileşenler (i) karıştırılır ve uygun sıcaklıkta (120–125°C) pişirilir. Uygun nem oranına ulaşıldığında şekerleme kütlesi (ii) soğutularak viskozitesi yükseltilir. Bu noktada viskozitesi artan şekerleme hamuru

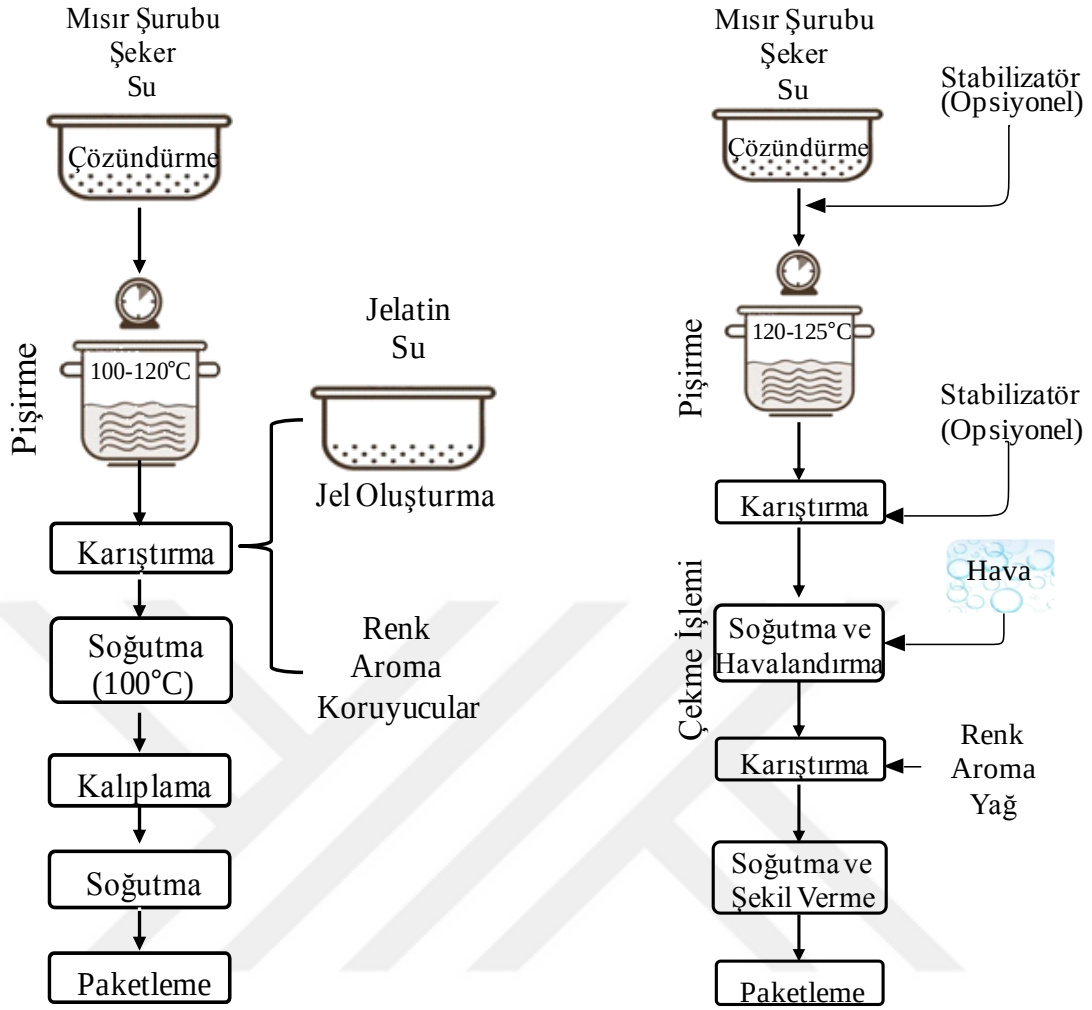
otomatik bir (iii) çekme makinesiyle çekilerek (pulling step) havalandırılır (Hartel vd., 2018a; Thiffeault, 2018) ve bu aşamada renklendirici ve aroma ilavesi yapılır. Çekme işlemi sayesinde, sakkarozun kontrollü bir şekilde kristalizasyonu gerçekleştirilir. Karışımda mısır şurubunun varlığı, büyük şeker (sakkaroz) kümelerinin oluşumunu engelleyerek şeker kristallerinin küçük boyutlarda kalmasını sağlar. Çekme işlemi sonunda ürün hamurunun rengi açılır, hava kabarcıkları ve şeker kristalleri ürüne opak ve kremi bir görünüm verir (Clark, 2004). Son olarak (iv) ürün hamuru soğutulur ve (v) otomatik şekillendirme, kesme ve sarma makinelerinde paketlenir (Wang, 2017). Bu gruptaki şekerlemeler proses gereği "havalandırılmış (aerated) şekerleme sınıfı" olarak değerlendirilmekte olup, yüksek oranda havalandırılmış marshmallow tipi ürünlerden hafif havalandırılmış toffee (toffe, taffy) gibi ürünlere kadar oldukça geniş bir ürün yelpazesini kapsamaktadır. Ürün bileşiminde şeker boyunca dağılmış küçük hava hücrelerinin varlığı bu tip şekerlere benzersiz bir tekstür ve görünüm kazandırmaktadır. Hacim artışına ve yoğunluğun düşürülmesine ek olarak havalandırma, işleme sırasında şeker kütlesinin akışkanlığında bir azalmaya ve viskozitede bir artışa neden olur ve nihayetinde bitmiş ürünün görünümünü, dokusunu ve duyu özelliklerini değiştirir. Hava ayrıca, yapışkanlığın ve şekerleme ürünlerde önemli bir kusur olan soğuk akışın azalmasını, tüketim esnasında ağızda daha hafif bir his oluşmasını, tatlılığın azalması, rengin açılmasını da sağlar. Bu grupta yer alan yumuşak şekerlemelerde hidrokolloid kullanımı ilk gruptan daha düşüktür (örn. %1-3 jelatin). Tipik olarak kullanılan stabilizatörler arasında ise jelatin, nişasta veya yumurta albümini yer almaktadır. Bu kategorideki yumuşak şekerlemeler yapılarında %5-10 civarında veya ürüne göre değişen miktarlarda sakkaroz kristalleri içermektedir. Jelly tipi ürünlerden farklı olarak üretimde %5-10 oranındaki yağ kullanımı, şekerleme hamurunun proses ekipmanlarına ve tüketim esnasında ürünün yapışkanlığını da azaltmaktadır (Hartel vd., 2018a).

Jelly tipi yumuşak şekerlemelerde ürüne özgü karakteristiği kazandıran temel bileşen, jel oluşumunu sağlayan çeşitli hidrokolloidlerdir. Şekil 1.2'de görüldüğü üzere, jelatin bu amaçla kullanılan en yaygın hammaddelerden birisidir. Toffee gibi diğer tip yumuşak şekerlemelerde ise bu tip bileşenler stabilizatör amacıyla kullanılmaktadır. Nitekim, her iki ürün grubunun formülasyonunda yer alabilen jelatin; kolajenin kontrollü asit veya alkali hidrolizi yoluyla esas olarak sığır ve domuz kaynaklı deri ve kemiklerinden elde edilmektedir (Chandra ve Shamasundar, 2015). Jelatinin hammaddesi olan kolajen sadece hayvanlarda bulunan yapısal bir protein olup, jelatin bu bakımdan karbonhidrat kaynaklı diğer

hidrokolloidlerden yapısal olarak farklılık göstermektedir. Tipik olarak %85-92 oranlarında protein içeren jelatinin geri kalan kısmı su ve mineral maddelerden oluşmaktadır (Burey vd., 2009).

Jelatin vücut sıcaklığına yakın suda berrak, termal olarak geri dönüşümlü jeller (sol-jel) oluşturabilen ticari açıdan önemli ve endüstriyel anlamda çok çeşitli işlevsel özelliğe sahip doğal bir biyopolimerdir (Kim, Nimni, Yang ve Han, 2005; Mohos, 2010). Jelatin jellerinin benzersiz özelliği, "ağızda eriyen" ve mükemmel bir yeme hissi sağlayan dokusudur (Chandra ve Shamasundar, 2015). Tüm bu özelliklerinin yanı sıra, sığır ve domuz kaynaklarından elde edilen jelatin ve jelatin içerikli ürünler, inançsal, beslenme tercihleri, alerjik riskler ve sağlık endişeleri (BSE/deli dana hastalığı) gibi birtakım sebeplerden dolayı tüketicilerin belirli bir kesimi tarafından tercih edilmemektedir (Boran, Lawless ve Regenstien, 2010; Nhari, Ismail ve Che Man, 2012; Venien ve Levieux, 2005). Bu durum, özellikle son yıllarda çeşitli ürünlerle birlikte yumuşak şekerlemelerin formülasyonunda jelatinin de farklı jelleştirici ajanlarla ikamesine yönelik çalışmaların yapılmasını tetiklemiştir.

Diğer yandan, yüksek şeker alımına bağlı obezite prevalansının yüksek olması bakımından tüketicilerin artık kalori değeri daha düşük, şeker içermeyen veya ürün etiketinde doğal bileşenler barındıran şekerleme ürünlerini tercih ettiği belirtilebilir. Bu kapsamda ise, özellikle şeker alkolleri (sorbitol, mannitol, ksilitol, maltitol, laktitol, izomalt vb.) başta olmak üzere, stevia, inülin, çeşitli meyve özleri, bal, bitki bazlı şuruplar ve tatlandırıcı özelliği bulunan çeşitli gıda yan ürünleri gibi farklı tatlandırıcılar yumuşak şekerleme üretiminde şeker ikamesi olarak kullanılabilir (Gok, Toker, Palabiyik ve Konar, 2020; Rivero vd., 2020). Bununla birlikte, şeker (sakkaroz) ve glikoz şurubu, yumuşak şekerleme ürünlerinin birincil bileşenleri olup formülasyondan çıkarılmaları önemli bir sorun teşkil etmektedir. İkame yapıldığı takdirde, dolgu materyali olarak kullanılacak yeni bileşenlerin formülasyona ilavesini gerektirmektedir. Diğer bir deyişle, yumuşak şekerleme üretiminde şeker ikamesi olarak kullanılan tatlandırıcılar tek başlarına tam olarak istenen hacim, viskozite veya tekstürü sağlayamazlar ve bu durum besleyici veya besleyici olmayan tatlandırıcılar ve diğer bazı hacim arttırıcı maddelerin ürüne özgü yapının oluşması için birlikte kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Nitekim, şeker (sakkaroz) için ideal ikame henüz bulunamamış olsa da, bahsedilen bu çeşitli tatlandırıcılar kalorisi düşük ürünlerin üretimi ve bu doğrultudaki taleplerin karşılanması açısından birçok avantaja sahiptir.



Şekil 1.2. Jelly tipi (sol) ve toffee tipi (sağ) yumuşak şekerlemelerin üretim prosesi

Şeker alkollerini olarak bilinen polioller, karbonhidratların karbonil grubunun hidroksil grubuna indirgendiği sakkarit türevleri olup, sorbitol, mannitol, ksilitol hidrojen monosakkaritler, izomalt, maltitol, laktitol ise hidrojenize disakkaritler arasında yer almaktadır (Grembecka, 2015; Rice, Zannini, Arendt ve Coffey, 2020). Diğer bir ifadeyle şeker alkollerinde; mono-, di-, oligo- ve polisakkaritlerin aldoz ve ketoz kısımlarındaki karbonil grubu ($>C=O$) yerine alkol grubu ($>CH-OH$) bulunur. Bu nedenle modern karbonhidrat terminolojisine göre '-ose' son eki yerine '-itol' son ekini taşırlar. "Poliol" adı ise, "polialkol" veya "polihidrik alkol"ün kısaltılmış halidir (Livesey, 2003). Çeşitli meyvelerde ve ayrıca belirli sebzelerde doğal olarak az miktarlarda bulunan polioller, günümüzde katalitik hidrojenasyon, enzimatik dönüşüm ve fermentasyon yoluyla da üretilmektedir (Aidoo, Depypere, Afoakwa ve Dewettinck, 2013; Grembecka, 2015; Rice vd., 2020). Çizelge 1.1'de yaygın poliollerin bazı önemli fiziko-kimyasal özellikleri verilmiştir (Aidoo vd., 2013; Zumbe, Lee ve Storey, 2001).

Çizelge 1.1. Çeşitli poliollerin (şeker alkoller) fiziko-kimyasal özellikleri

Poliol Türü	Özellik
Sorbitol	Glikozdan elde edilip tatlılık derecesi sakkarozun %60-70'i kadardır. Molar kütlesi 182 g/mol'dür, 20°C'deki çözünürlüğü %70-73 civarındadır. Erime noktası 97-99°C arasındadır. Higroskopikliği yüksektir.
Ksilitol	Ksilozdan elde edilip tatlılık bakımından sakkarozu eşittir. Molar kütlesi 152 g/mol'dür, 20°C'deki çözünürlüğü %63 civarında olup erime noktası 94°C'dir. Laksatif etkisi daha düşük ve daha az higroskopiktir.
Mannitol	Mannozdan elde edilip tatlılığı sakkarozun yaklaşık %50-70'i kadardır. Molar kütlesi 182 g/mol'dür, 20°C'deki çözünürlüğü oldukça düşük olup (%18) kristallenme eğilimindedir. Erime noktası 165-169°C arasında olup yüksek laksatif etkiye sahiptir.
Maltitol	Glikoz şurubundan elde edilip tatlılığı sakkarozun yaklaşık %85-95'i kadardır. Molar kütlesi 344 g/mol'dür, 20°C'deki çözünürlüğü %60-62 civarında olup, 130-147°C'de arasında bir erime noktasına sahiptir. Oldukça higroskopiktir.
İzomalt	Sakkarozdan elde edilip tatlılığı yaklaşık %40-50 civarıdır. Molar kütlesi 344 g/mol olup 20°C'de %25 civarında bir çözünürlüğe sahiptir. Erime noktası 145-150°C arasındadır, özellikle yüksek nem içeren aglomeralar oluşturur.
Laktitol	Laktozdan elde edilip tatlılık derecesi sakkarozun yaklaşık %40'ı kadardır. Monohidrat ve susuz formlarının molar kütlesi sırasıyla 362 g/mol ve 344 g/mol'dür. Yine monohidrat ve susuz formlarının erime noktaları sırasıyla 75°C ve 120°C'dir. Sorbitol veya ksilitolden daha az higroskopiktir, monohidrat formunun 20°C'deki çözünürlüğü %52 civarındadır.
Eritritol	<i>Trichosporonoides megachiliensis</i> kullanılarak glikoz ve sakkarozun fermentasyonu yoluyla elde edilir. Sakkarozun yaklaşık %60-80'ı kadar tatlıdır. Molar kütlesi 122 g/mol olup erime noktası ise 126°C'dir. Çözünürlüğü 20°C'de %37 civarında olan eritritol nemlendirici bir özelliğe sahip olup yüksek miktardaki tüketimi laksatif etki yaratır.

Şeker alkollerinin çoğu tam olarak sindirilmez, bunun yanı sıra emilimleri de tam olarak gerçekleşmez, bu bakımdan kalori değerleri şekerden daha düşüktür. Ancak, hem sağlık hem de gıda üretimi açısından birçok avantaja sahip olan poliollerin fazla miktardaki tüketimlerinin laksatif etki gösterdiği ve çeşitli gastrointestinal semptomlara neden olabileceği ifade edilmektedir (Ghosh ve Sudha, 2012; Grembecka, 2015; Livesey, 2003). Fiziksel özellikleri bakımından polioller geleneksel şekerin hacminin ve işlevinin çoğunu korur. Bu durum onları 1:1 oranında şeker ikamesi (bulk sugar replace) için ideal hale getirmekte olup gıda sektöründe çeşitli ürünlerde kalori azaltma, lezzet arttırma, nemlendirme, bazı yüksek yoğunluklu tatlandırıcıların hoş olmayan tatlarını maskeleyme, tekstürü modifiye etme ve ferahlık hissi kazandırma amacıyla kullanımını sağlamaktadır (Godswill, 2017; Rice vd., 2020).

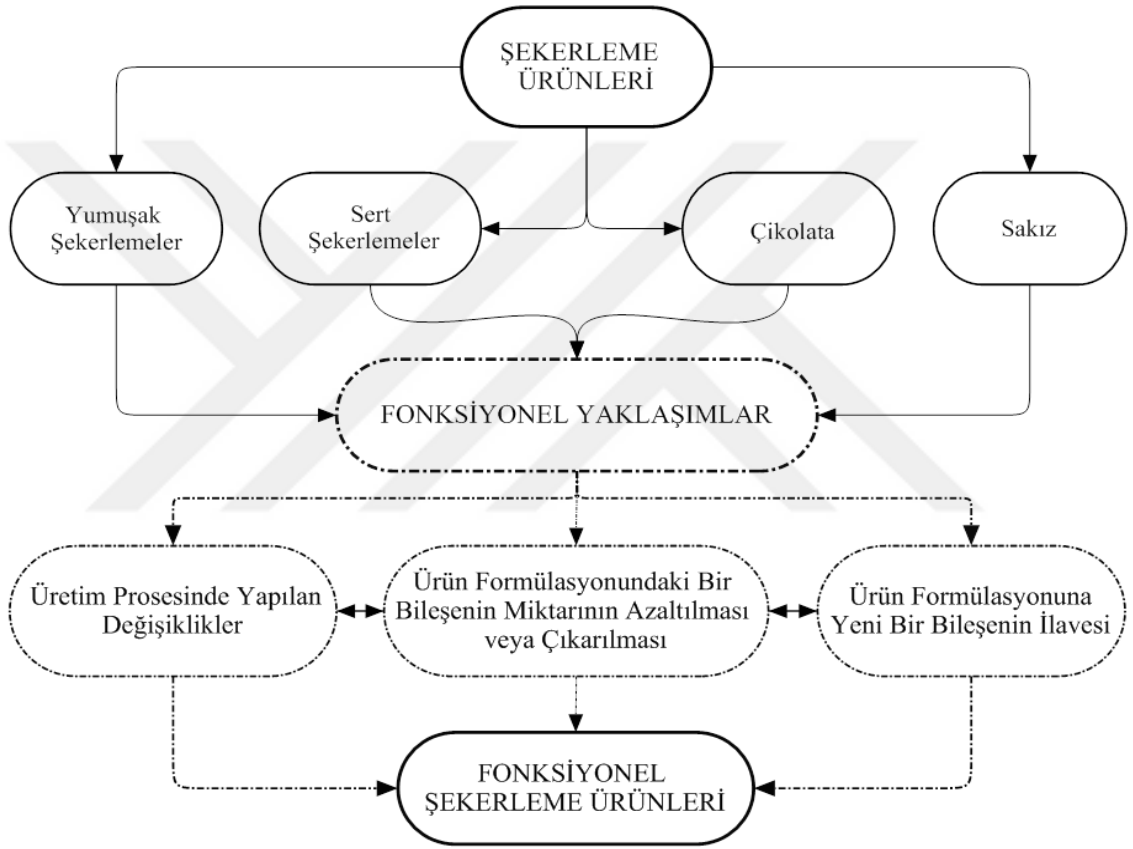
1.1.3 Fonksiyonel Yumuşak Şekerleme Üretimi Üzerine Yapılan Çalışmalar

Günümüzde beslenme ve sağlık arasındaki ilişkiye yönelik farkındalık seviyesindeki artış, global düzeyde tüketici tercih ve taleplerini önemli ölçüde değiştirmiştir (Harwood, 2013; Szakály, Szente, Kövér, Polereczki ve Szigeti, 2012). Bu bakımdan gıdalar sadece açlığı gidermek ve vücut için gerekli besin maddelerini sağlamaktan öte, aynı zamanda beslenme ile ilgili hastalıkları önlemek, tüketicilerin fiziksel ve zihinsel refah düzeylerini arttırmak için de formüle edilmektedir (Siró, Kápolna, Kápolna ve Lugasi, 2008). Özellikle kardiyovasküler hastalıklar ve obezite olmak üzere, beslenme ile ilişkilendirilebilen hastalıkların görülme sıklığındaki artış, tüketicilerin çeşitli biyoaktif bileşenler ile takviye edilen fonksiyonel gıdalara yönelik ilgisini istikrarlı bir şekilde arttırmıştır. Bu nedenle kabul edilebilir nitelik ve düzeydeki duyuşal özelliklere sahip tüketime hazır (ready-to-eat) gıdalarda, “daha sağlıklı” bir şekilde üretilmiş olanlar yüksek oranda talep görmektedir (De Morais, Lima, de Morais ve Bolini, 2015).

Fonksiyonel gıdalar, besleyicilik değerinin ötesinde sağlık üzerine ilave faydalar sağlayan bitkisel ya da hayvansal kaynaklı biyoaktif bileşen(ler) içeren gıdalar olarak tanımlanmaktadır (Saini, 2017). Günümüzde, fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş gıdalar arasında başlıcalarının çeşitli süt ürünleri, tahıl ürünleri, et ürünleri, içecekler, şekerlemeler, çerezler, ezmeler ve bebek mamalarının olduğu belirtilebilir (Das vd., 2016; Hunter ve Hegele, 2017; Pogorzelska-Nowicka vd., 2018). Bu bakımdan genel itibarıyla üretilmesi planlanan fonksiyonel şekerlemeler, “standart ürün içeriğine belirli bir fizyolojik fonksiyonu yerine getiren ya da potansiyel bir sağlık yararı olan bir bileşenin eklenmesi veya var olan herhangi bir bileşenin yerine ikamesi şeklinde üretilen şekerlemeler” olarak tanımlanabilir (Rumora, Kobrehel Pintarić, Gajdoš Kljusurić, Marić ve Karlović, 2013). Fonksiyonel şekerleme bileşiminde kullanılabilecek potansiyel biyoaktif bileşenler ise, vitaminler, mineraller, çözünür veya çözünmeyen besinsel lifler, çeşitli bitki ekstraktları, prebiyotikler, probiyotikler ve diğer fitokimyasallar olarak belirtilebilir (Pickford ve Jardine, 2000).

Şekerleme sektöründe fonksiyonel ürün üretimine yönelik yapılan çalışmalar oldukça yenidir (Belščak-Cvitanović, Komes, Durgo, Vojvodić ve Bušić, 2015). Tarihsel bir perspektiften bakıldığında şekerleme sektöründe henüz yeni sayılabilecek bu kategori, tipik olarak öksürük, soğuk algınlığı ve boğaz ağrısı tedavisinde kullanılan ve ürün içeriğinde nane, kekik, tarçın gibi bitkisel orijinli materyaller bulunan pastil, sert şeker veya çiğnenebilir

yumuşak şeker gibi ürünler ile ilişkilendirilebilir (Pickford ve Jardine, 2000). Günümüzde ise gelişen teknoloji sayesinde çeşitli nitelikte şekerlemelerin üretilmesi ve çoğunun sağlıksız ürünler olarak eleştiri alması bu sektörde geniş çaplı fonksiyonellik çalışmalarını başlatmış ve aynı zamanda özel pazarlama stratejilerini de tetiklemiştir. Literatürde yer alan çalışmalara göre, şekerleme teknolojisinde fonksiyonel ürün üretimi genel olarak, ürün içeriğinde yer alan bir bileşen çıkarılarak, miktarı azaltılarak veya ürün içeriğine farklı bir bileşen ilave edilerek yapılmakta, aynı zamanda yeni üretim teknikleri de geliştirilmektedir (Şekil 1.3) (Güneş vd., 2018).



Şekil 1.3. Şekerleme teknolojisinde çeşitli ürün gruplarında yapılan fonksiyonellik eğilimleri

Fonksiyonel şekerleme ürünleri, Avrupa ve Amerika'da durgunlaşan geleneksel şekerleme pazarına ivme kazandırabilecek kilit segmentlerden biri olarak kabul edilmektedir. Kentsel nüfusun hızlı ve tempolu yaşam tarzı nedeniyle tüketimi artan atıştırmalık ürünlerin, fonksiyonel şekerlemeler açısından olumlu bir talep yaratacağı tahmin edilmektedir. Söz konusu ürünlere yönelik olarak önemli bir talebin olması ve aynı zamanda fonksiyonel ürün segmentinin üreticiler açısından oldukça kazançlı olması, yenilikçi ürün portföyüne sahip bir dizi yeni katılımcıyı bünyesine dahil ederek küresel şekerleme sektörünün büyümesine olanak sağlayacağı belirtilmektedir. Şekerleme pazarındaki son ürün lansmanları incelendiğinde ise

temiz etiketli ürünlerde düşük şeker içeriği, daha az kalori vurgusu ve bazı fonksiyonel bileşenlerin varlığı öne çıkmaktadır (Anonim, 2021b).

Bu alandaki bilimsel çalışmalarda ise yumuşak şekerlemelerin üretiminde özellikle çeşitli meyve pulplarının, meyve sularının, bitki ekstraktlarının, gıda atıklarının veya yan ürünlerin formülasyona katılması yoğun olarak incelenmekte olup, bu konuda yapılan yenilikçi araştırmalar devam etmektedir (Chavan, Pawar ve Pawar, 2015; Komes, Horžić ve Belščak-Cvitanović, 2011; Nalage, Chavan ve Amarowicz, 2014). Bu şekilde üretilen ürünlerin vitamin, mineral, lif ve protein açısından zenginleşerek besleyici bir nitelik kazandığı ve aynı zamanda ürün albenisinin de arttığı belirtilmiştir (Khapre, 2010; Kohinkar, Chavan, Pawar ve Amarowicz, 2014). Khapre (2010), protein bakımından zengin bir ürün olarak guava pulpu (*Psidium guajava* L.) ve soya fasulyesinin (*Glycine max*) farklı oranlarda karışımından oluşan içeriğin yumuşak tip şekerleme üretiminde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Yapılan araştırmada, beklendiği üzere soya konsantrasyonunun artmasıyla birlikte nihai ürünlerdeki protein ve yağ seviyesinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Guava ilavesi ise örneklerin askorbik asit, lif, kalsiyum ve fosfor bakımından zenginleşmesini sağlamıştır. Duyusal analizlerde sırasıyla %85 ve %15 oranında guava pulpu ve soya fasulyesi içeren örneklerin en yüksek puan aldığı kaydedilmiştir. Başka bir çalışmada da Khapre, Satwadhar ve Deshpande (2011), hasat sonrası çabuk bozulabilen taze incirleri (*Ficus carica* L.) kurutarak toz haline getirmişler ve bir sonraki aşamada yumuşak tip şekerleme üretiminde kullanarak çeşitli ürün parametreleri açısından olumlu sonuçlar elde etmişlerdir. Siegwein, Vodovotz ve Fisher (2011) ise yaptıkları araştırmada; soya proteini izolatu konsantrasyonundaki artışın, üzüm suyu katkılı nişasta bazlı yumuşak şekerlemelerin fiziko-kimyasal özellikleri üzerine etkisini termogravimetrik, tekstürel, reolojik ve duyusal analizler ile incelemişlerdir. Soya proteinindeki artışın, nişasta ağının daha düşük bir G'-G'' geçiş frekansı ile ifade edilen elastik özelliklerini kademeli olarak azaltarak ürünlerin sertlik, kohesivlik (yapışkanlık) ve sakızimsılık değerlerini düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Yapılan duyusal analizlerde ise soya proteini katkısının, şekerlemelerin tat ve tekstürel kabul edilebilirliğinde olumsuz bir etki yaratmadığı belirlenmiştir.

Sakhale, Chalwad ve Pawar vd. (2012) yaptıkları araştırmada, incir ve mango meyve pulplarını farklı oranlarda yumuşak tip şekerleme üretimine dahil ederek bileşen optimizasyonu üzerine çalışmışlardır. Araştırma sonucunda, fiziko-kimyasal ve duyusal özellikleri incelenen örneklerin 4:1 (w/w) oranında incir ve/veya mango içeren

formülasyonun protein içeriği ve organoleptik kalite parametreleri açısından diğer gruplara göre daha üstün olduğu görülmüştür. Kohinkar vd. (2014), yumuşak tip şekerleme üretiminde yukarıdaki çalışmalara benzer olarak incir ve guava meyvesinin farklı oranlarda karışımından oluşan ve biyoaktif madde açısından zengin bitkisel içeriği kullanmışlardır. Örnekler, farklı depolama sıcaklıklarında (5 ve 27°C) 6 ay süreyle depolanmış ve 30 günlük aralıklarla kimyasal, duyuşal ve mikrobiyolojik özellikler incelenmiştir. Duyuşal analizlere göre, formülasyonda 3:1 oranında incir ve guava karışımı kullanılarak üretilen şekerlemeler en yüksek beğeniyi almış ve örneklerin hem ortam sıcaklığında hem de buzdolabı koşullarında 180 günden daha fazla süreyle depolanabileceği tespit edilmiştir.

Ürün formülasyonunda farklı meyvelerin, bitkisel materyallerin ve baharatların kullanıldığı diğer araştırmalara bakıldığında; Nalage vd. (2014) yaptıkları çalışmada; yumuşak tip şekerleme üretiminde aonla (amla, Bektaşî üzümü) meyve pulpunu ve tarçın özütünü belirli oranlarda kullanmışlardır. Üretim aşamasında farklı oranlarda aonla:tarçın (w/w) içeren 1 kg'lık karışım, 750 g şeker, 50 g yağsız süt tozu, 50 g tereyağ ve 2 g tuz ile birlikte 82-83°Brix'e ulaşana kadar pişirilmiştir. Yapılan araştırmada üretilen şekerlemeler 90 gün boyunca hem 27±2°C'de hem de soğuk ortamda (10±2°C) depolanmış ve 30 gün aralıkla kimyasal bileşim, duyuşal özellikler ve mikrobiyal kalite açısından değerlendirilmiştir. Buna göre, formülasyonda 4:1 oranında aonla pulpu:zencefil özütü içeren yumuşak şekerleme grubunda en iyi sonuçlar alınmış ancak depolama süresi arttıkça toplam çözünmüş katı madde miktarı (total soluble solids, TSS) ile toplam ve indirgen şeker miktarının arttığı, nem ve asitlik değerlerinin ise azaldığı tespit edilmiştir. 27±2°C'de depolanan örneklerde reaksiyon hızının soğukta depolanan örneklere göre nispeten daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Ancak her iki koşulda depolanan yumuşak şekerlemelerin depolama süresi sonunda bile tüketim açısından kabul edilebilir niteliklere sahip olduğu ifade edilmiştir (Nalage vd., 2014). Aonla meyvesinin papaya pulpu ile farklı oranlarda kullanıldığı başka bir çalışmada Kumar, Gehlot, Singh ve Sindhu (2019), ürettikleri yumuşak şekerlemelerin kimyasal bileşiminde meydana gelen değişiklikleri üç aylık depolama süresi boyunca aylık periyotlarla incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre depolama süresince ürünlerde toplam şeker, indirgen şeker ve esmerleşme miktarı artarken, toplam fenolik madde ve karotenoid miktarı ile asitlik önemli ölçüde azalma göstermiştir. Formülasyonda yine 4:1 oranında aonla:papaya meyve pulpu içeren grup en yüksek beğeniyi almıştır (Kumar vd., 2019). Diğer bir çalışmada Chavan vd. (2015), guava (*Psidium guajava* L.) ve çilek pulpunun kütlege yüzdesel olarak farklı

oranlarda karışımını içeren yumuşak şekerleme üretimi üzerine çalışmışlar ve hazırladıkları şekerlemeleri hem $27\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de ve hem de soğuk ortamda ($5\pm2^{\circ}\text{C}$) 90 gün boyunca depolayarak bu esnada ürünlerin kimyasal bileşiminde, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerinde meydana gelen değışiklikleri incelemişlerdir. Çeşitli oranlar arasında, 70:30 (w/w) guava:çilek içeren yumuşak şekerlemeler duyuşal özellikler ve beslenme kalitesi açısından diğerkombinasyonlardan daha iyi bulunmuştur. Depolama süresine bağılı olarak toplam çözünür katı madde ile toplam şeker miktarının arttığı, nem, askorbik asit ve asitliğin ise azaldığı gözlenmiştir. Artış veya azalma oranlarının, $27\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan örneklerde soğuk ortamda depolanan örneklere göre nispeten daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Chavan vd., 2015).

Ürün zenginleştirme çalışmalarının bir diğesinde Anisa, Anju, Vikas ve Raj (2016), çeşitli oranlardaki şeftali-soya karışımını yumuşak şekerleme formülasyonunda kullanmışlardır. Doğal lif ve protein açısından zenginleştirilen ürünler, 4 ay boyunca oda sıcaklığında depolanarak fiziko-kimyasal ve duyuşal karakteristiklerdeki değışiklikleri belirlemek amacıyla çeşitli analizlere tabi tutulmuştur. Analizlere göre, formülasyonda çeşitli oranlarda şeftali-soya karışımını içeren gruplar arasında önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Genel olarak, depolama süresi boyunca tüm örneklerde toplam çözünmüş katı madde miktarı, asitlik ve toplam şeker miktarında artış gözlenirken, protein, yağ ve askorbik asit içeriğinde ve incelenen tüm duyuşal parametrelerde azalma olduğu saptanmıştır. Söz konusu araştırmaya göre, şeker, glikoz şurubu, süt tozu ve yağ gibi standart hammaddelerin yanı sıra formülasyonda 85:15 oranında şeftali-soya karışımını içeren yumuşak şekerleme grubu genel kabul edilebilirlik ve depolama açısından en iyi formülasyon olarak belirlenmiştir (Anisa vd., 2016). Başka bir çalışmada ise Bartkiene vd. (2018), yüksek kaliteli protein ve izoflavon kaynağı olarak lakto-fermente lupin (acı bakla, *Lupinus* sp.) protein konsantrelerini, greyfurt (*Citrus paradise* L.) uçucu yağını (antimikrobiyal ajan ve aroma maddesi olarak) ve düşük glisemik indekse sahip ksilitölü (tatlandırıcı olarak) bir arada kullanarak fonksiyonel bileşiklerle zenginleştirilmiş yumuşak şekerleme üretimi üzerine çalışmışlardır. Üretilen şekerlemelerde en yüksek kabul edilebilirliği, formülasyonda greyfurt uçucu yağını ve 3,0-4,0 g protein konsantresini içeren örnekler almıştır. Yüksek miktardaki lupin protein konsantresinin (4,5-5,0 g) ürünlerin sertliğini azalttığı ve bu değışikliğin genel kabul edilebilirliği olumlu yönde etkilediğı belirtilmiştir. Ayrıca, protein konsantresi ilavesinin renk açısından örneklerin L^* ve b^* değerini arttırdığı ve bu parametreler ile genel kabul edilebilirlik arasında orta derecede pozitif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir (Bartkiene

vd., 2018). Sáenz, Fabry, Contador ve Franck (2019) de oldukça besleyici ve farklı nitelikte olan kaktüs meyvesini yumuşak şekerleme formülasyonuna dahil ederek ürettikleri ürünlerin kimyasal özelliklerini, tekstür profilini ve duyu kalitesini incelemişlerdir. Tekstür profili analizi sonucunda üretilen şekerlemelerin standart kalitede özellikler sergilediği, örneklerin çekici ve parlak bir koyu mor renk ile birlikte benzer gıda maddelerine kıyasla yüksek bir antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir. Nem içeriği ve su aktivitesi sırasıyla $21,5 \pm 0,6$ ve $0,755 \pm 0,05$ olan ürünler eğitimli panelistler tarafından duyu olarak değerlendirildiğinde yüksek yoğunlukta renk, orta sertlikte tekstür ve orta seviyede tat (8,5) ve aroma (7,4) ile nitelendirilmiştir. Yapılan bu ön çalışma, bu tür bir ürünün başarıyla üretilebileceğini ve aynı zamanda kaktüs meyvelerinin üretiminde yer alan küçük ölçekli çiftçiler için önemli bir potansiyel ihtiva ettiğini göstermektedir (Sáenz vd., 2019).

Özellikle çocuklar tarafından yoğun bir şekilde tüketilen hidrokoloid bazlı yumuşak şekerlemelere yönelik yapılan bir çalışmada, Mutlu, Tontul ve Erbaş (2018); jelatin bazlı yumuşak şekerlemelerin üretiminde şeker şurubu, yapay aroma ve renk maddeleri yerine bal ve taze meyve suyu kullanılmışlardır. Sıcak (geleneksel, 115°C) ve soğuk ($50-55^{\circ}\text{C}$) karıştırma tekniği kullanılarak üretilen ürünlerde, balın diastaz aktivitesinin soğuk karıştırma tekniği ile korunduğu ($>95\%$), sıcak karıştırma tekniğinde ise tamamen yok olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak, jelatin dozundaki artışın ($15-20-25\%$) şekerlerin sertliğini, yapışkanlığını ve çiğnenebilirliğini arttırdığı belirlenmiştir. Aynı ürün grubunda yapılan farklı bir çalışmada Delgado ve Bañón (2018) ise diyet lifi ile zenginleştirilmiş daha az kalori içeren jelatin esaslı yumuşak şekerleme üretiminde jel oluşumuna yardımcı madde olarak mısır nişastası yerine inülini kullanıp, ürün kalitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Nişastalı formülasyona uygulanan 120°C 'de 5 dakikalık ön-piştirme işleminin aksine, inülin katkılı formülasyonun üretiminde inülin doğrudan 80°C 'deki jelatin çözeltisine ilave edilmiş ve bu durum prosesi basitleştirerek gerekli olan ısı işlemi azaltmıştır. İnülin ile üretilen şekerlemelerin, nişastalı gruba göre daha yumuşak, elastik ve yapışkan olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda, kullanılan ticari inülinin yüksek kimyasal stabilitesinden dolayı üretim esnasında (80°C 'de, pH 3,2'de 5 dakika karıştırma ve 30% bağıl nemde, 25°C 'de 24 saat kurutma) yıkıma uğramadığı, nötr tadından dolayı ürünün duyu kalitesini olumsuz etkilemediği ve potansiyel prebiyotik aktivitesinin yanı sıra şekerleme üretiminde jel oluşumuna yardımcı bir bileşen olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Delgado ve Bañón, 2018).

Zhang ve Barringer (2018) ise yaptıkları çalışmada; hidrokolloid tipinin (jelatin, pektin, nişasta), konsantrasyonunun, şekerin ve sitrik asidin çilek aroma maddesinin salımı üzerine etkisini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre jelatinin, pektin ve nişastaya kıyasla aroma salımını daha çok baskıladığı tespit edilmiştir. Şeker içeriğinin %0'dan %55'e çıkarılması aroma salımının önemli ölçüde düşmesine neden olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, düşük pH değerinin de aroma salımını önemli ölçüde azalttığı, en yüksek aroma salımının pH 3,86'da %85 oranında gerçekleşirken, bileşime daha fazla sitrik asit eklenip pH 3,65'ten 3,47'ye düşürüldüğünde aroma salımının azalmaya devam ettiği görülmüştür. Şekerin etkisine benzer şekilde, bu azalmanın hem aroma maddeleriyle etkileşime giren dissosiyasyonun etkisinden hem de jel oluşumundan kaynaklandığı ifade edilmiştir. Tüm bunlara ek olarak, sertliğin tek başına aroma salımı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Zhang ve Barringer, 2018).

Yumuşak şekerlemelerde biyoaktif maddelerin salımı üzerine yapılan farklı kategorideki bir çalışmada Sessler, Weiss ve Vodovotz (2013); ürün formülasyonunda yüksek metoksilli pektin (high methoxyl (HM) pectin) ve üzüm suyu konsantresi içeren yumuşak şekerlemelerde fenolik bileşiklerin salımının, ürün mikro yapısının soya proteini izolatu ilavesi ve pH değişiklikleri yoluyla değiştirilmesiyle modüle edilebileceği hipotezini incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre şekerlemelerin çözünür katı madde içeriğinin %73 ve pH değerlerinin 2,5-3,3 arasında değiştiği belirlenmiştir. Söz konusu çalışmada, pH değerindeki düşüşün, pektin zincirleri arasındaki moleküler etkileşimlerdeki artışa bağlı olarak şekerlemelerin viskozitesini arttırdığı belirlenmiş ve bu durumun ürünlerin mekanik mukavemet ve çözünme davranışı dahil fiziko-kimyasal özelliklerini önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir. Daha yüksek pH değerinin daha zayıf jellerin oluşmasına neden olup fenolik bileşiklerin salımını arttırdığı belirtilmiştir. Diğer yandan, %3,4 (w/w) soya proteini izolatu ilavesinin, şekerlemelerin yapısı ve görünüşünü (opak) dikkate değer ölçüde değiştirse de, soya proteinlerinin pektin ağında parçacıklar halinde homojen olarak dağılması şekerlemelerin mekanik mukavemet ve salım özelliklerini etkilemediği tespit edilmiştir (Sessler vd., 2013).

Fisher, Ahn-Jarvis, Gu, Weghorst ve Vodovotz (2014) depolama esnasında şeker ve nişastanın rekristalizasyonunun, ağız boşluğunun fizyolojik koşulları altında fitokimyasalların salımını etkileyip etkilemediğini değerlendirmek amacıyla optimize edilmiş yumuşak şekerleme formülasyonu üzerine çalışmışlardır. Biyoaktif bileşenlerin kontrollü salımı ile

ilgili olan bu araştırmada; oral mukozaya sürekli ve hedefli salım için dondurularak kurutulmuş ilek tozu içeren nişasta bazlı yumuşak şekerlemelerde nihai ürün bileşimi %10,1 mısır nişastası, %24,3 mısır şurubu, %17,1 su ve %48,5 ilek tozu olacak şekilde tasarlanmıştır. Yapılan analizler neticesinde, depolama süresine bağlı olarak ürünlerin nem içeriğinde azalma olduğu, sertlik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerinde de değişiklikler meydana geldiği tespit edilmiş ve söz konusu bu değişikliklerin amilopektinin rekristalizasyonuna ve nem kaybına bağlı olduğu belirtilmiştir. şekerlemelerde yapılan çözünme testi, fitokimyasalların depolama sresinden etkilendiğini ortaya koymuştur. Taze ve depolanmış şekerlemelerin çözünme hızındaki farklılıkların; moleküler, mikro ve makro düzeydeki fiziko-kimyasal değişikliklerle ilgili olup fitokimyasalların salımını ve buna bağlı olarak ağızda kalış süresini nasıl etkilediği tekrar gözler önüne serilmiştir (Fisher vd., 2014).

şekerleme ürünlerinde fitokimyasalların salımı üzerine yapılan bir diğer çalışmada; Gu, Ahn-Jarvis ve Vodovotz (2015) dondurularak kurutulmuş siyah ahududu (*Rubus occidentalis*) tozu içeren 3 farklı şekerleme ürününün geliştirilmesi ve bunların karakterizasyonu üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, sırasıyla %22, %22 ve %40 oranında dondurularak kurutulmuş siyah ahududu tozu içeren sert şekerleme, pektin ve nişasta bazlı yumuşak şekerleme rneği hazırlanmıştır. Fiziko-kimyasal analizler, sert şekerlemeler ile pektin ve nişasta bazlı yumuşak şekerlemeler arasında tekstürel ve mikroyapısal özelliklerin belirgin şekilde farklı olduğunu göstermiştir. Yapılan analizlerde, pektin ve nişasta bazlı yumuşak şekerlemelerde prosten sonra antosiyaninlerdeki kayıp oranı %7'den az iken, sert şekerlemelerde antosiyaninlerin %40,6'sının kayba uğradığı tespit edilmiştir. Toplam fenoliklerin sodyum fosfat tamponundaki toplam salım oranının sert şekerlemelerde %93,5'e, pektin ve nişasta bazlı yumuşak şekerlemelerde ise sırasıyla %94,5 ve %78,7'ye ulaştığı ve şekerlemelerin sırasıyla hızlı, orta ve yavaş salım oranlarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Nişasta bazlı yumuşak şekerlemelerin yüksek orandaki siyah ahududu tozu içeriğinin, toplam fenoliklerin ve antosiyaninlerin salım oranlarını önemli ölçüde etkilemediği belirlenmiştir. Bu durum, farklı fiziko-kimyasal özelliklere sahip şekerleme matrisinin salım hızını modüle edebileceğini göstermiştir. 9 noktalı hedonik skalaya göre yapılan genel kabul edilebilirlik testlerinde ise pektin bazlı yumuşak şekerlemeler ($6,0 \pm 1,6$), sert şekerlemelerden ($5,0 \pm 1,9$) ve nişasta bazlı yumuşak şekerlemelerden ($5,2 \pm 1,5$) daha yüksek puan almıştır ($p < 0,05$). Araştırma neticesinde ürün tekstürünün fitokimyasalların salım hızını modüle edebileceği ve aynı zamanda duyusal tercihi de etkileyebileceği belirtilmiş olup, elde edilen

verilere göre fitokimyasalların kontrollü salımı için karakterize edilmiş bir şekerleme ürünü tasarlanmıştır (Gu vd., 2015).

Riedel vd. (2015) ise farklı olarak, tüketicilerin sağlıkla ilgili konulardaki artan farkındalığı nedeniyle karyojenik olmayan ve düşük enerjili şekerleme ürünlerine artan talebi karşılamak amacıyla yaptıkları araştırmada; şeker içeriği azaltılmış ve şekersiz agar bazlı yumuşak şekerleme formülasyonu üzerine çalışmışlardır. İlgili çalışmada, çeşitli bitkisel orijinli lif kaynaklarının, jelleştirici ajanların ve tatlandırıcıların uygun oranlardaki kombinasyonu, şeker (sakkaroz) ve glikoz şurubu yerine kullanılmıştır. Yapılan duyusal ve tekstürel analizlerde, polidekstroz, oligofruktoz, sükraloz ve eritritol kombinasyonunun şeker içeren kontrol örneğiyle karşılaştırılabilir nitelikte bir profil oluşturduğu tespit edilmiş ve enerji içeriğini azaltmak için bu tip ürünlerde şeker ikamesi yapılırken sakkaroz ve glikoz şurubunun jelleşme ve tekstür oluşumu üzerindeki etkisinin kesinlikle dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir (Riedel vd., 2015).

Gıda endüstrisindeki yeni eğilimler arasında, ürün formülasyonunda yapay renklendiricilerin yerine belirli fonksiyonu olan ve sağlık yararı gösteren doğal pigmentlerin kullanımı da yer almaktadır (Crupi, Dipalmo, Clodoveo, Toci ve Coletta, 2018). Bu bakımdan, Raei, Ali ve Daneshi (2017); yonca (Alfalfa, *Medicago sativa*) bitkisinden ekstrakte ettikleri yeşil pigmentleri mikroenkapsüle ederek ürün formülasyonunda pektin, nişasta, ksantan gum ve jelatinin yer aldığı çeşitli yumuşak şekerlemelerde kullanımını incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar, mikroenkapsülasyon işleminin ekstrakte edilen pigmentlerin ısıl işleme karşı stabilitesini arttırdığını göstermiş ve yumuşak şekerlemelerde yenilebilir, değerli, ucuz ve doğal bir klorofil kaynağı olarak yonca bitkisinin kullanılabileceği belirtilmiştir. Benzer bir çalışmada; betalainlerin iki temel grubundan birini temsil eden betaksantinlerin toplam betalainlerin %89'unu temsil ettiği sarı pitaya (*Stenocereus pruinosus*, sarı renkli ejder meyvesi) meyvesinden elde edilen pulpun ve meyve suyunun, farklı pH ve sıcaklıklarda, çeşitli gıda katkı maddelerinin varlığında ve farklı gıda matrislerindeki (yumuşak şekerleme ve içecek) kullanım olanakları incelenmiştir. Ticari ürünlerin sahip olduğu sarı renge benzer olması açısından, jelatin esaslı yumuşak şekerlemelere %4,6, %6,9 ve %11,5 (w/w) oranlarında meyve suyu ve pulpu eklenmiştir. Betaksantinlerin özellikle yumuşak şekerlemelerde içeceklere göre daha stabil olduğu ve karanlıkta veya düşük sıcaklıklarda depolama yapıldığında pigment muhafazasının arttığı tespit edilmiştir (Rodríguez-Sánchez, Victoria ve Barragán-Huerta, 2017).

Betalainlerin diğ er temel grubunu temsil eden betasiyaninlerden olan betaninlerin stabilitesi ve fiziko-kimyasal özellikleri üzerine yapılan farklı bir çalışmada; Amjadi, Ghorbani, Hamishehkar ve Roufegarinejad (2018) kırmızı pancardan elde ettikleri betaninleri %80,35 verimle lipozomal nanotaşıyıcılara yükleyerek enkapsüle etmişler ve gıda modeli olarak yumuşak şekerleme formülasyonuna dahil edip stabilitesini araştırmışlardır. Üretilen şekerlemeler karanlıkta 4 C'de 60 gün tutulmuş ve ilk günden itibaren 15 günlük periyotlarla stabilite analizleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında tekstür analizi, duysal analiz, DPPH radikal yakalama kapasitesi, su aktivitesi ve renk ölçümü gibi kaliteyi belirleyici çeşitli analizler de yapılmıştır. Sonuçlar, betanin-nanolipozomlarını içeren örneklerin betanin içeriğinin ve antioksidan aktivitesinin, serbest betanin içeren örneklerin en az iki katı olduğunu göstermiştir. Duysal değerlendirmelerde, betanin-nanolipozomlar ile takviye edilmiş yumuşak şekerlemeler serbest betanin içeren örneklerle kıyaslandığında aralarında herhangi bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda, biyoyararlanımı stabilize etmek ve arttırmak için fosfolipid içerikli lipozomların betanin enkapsülasyonu amacıyla kullanımının fonksiyonel gıda, nutrasötik ve tıbbi alanlardaki uygulamalar için umut verici olduğu belirtilmiştir (Amjadi vd., 2018). Ot lora, de J s s Barbosa, Perilla, Osorio ve Nazareno (2019); doğal renklendirici olarak kaktüs (*Opuntia-ficus-indica*, diğer isimleri; frenk inciri, dikenli incir, hint inciri, kudret inciri veya kaynanadili) meyvelerinden ekstrakte ettikleri betalainleri kalsiyum aljinat ile iyonik jelleşme yöntemine göre enkapsüle ederek yumuşak şekerleme ürünlerinde kullanmışlardır. Üretimde iki farklı orijinli jelatin kullanılmış ve enkapsüle edilen pigmentlerin stabilitesi 4 C'de 30 gün süreyle bekletilerek değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, tüm örneklerin toplam renk parametrelerinde anlamlı bir değişiklik olmadığı tespit edilmiş ve enkapsüle betalainlerin oldukça canlı kırmızı-mor bir görüntü sergileyip gıda endüstrisinde doğal pigmentlerin kullanımına yönelik önemli bir potansiyel oluşturduğu belirtilmiştir (Ot lora vd., 2019).

Farklı partikül boyutlarındaki (100, 200, 288 ve 415  m)  z m kabuğu ve çekirdek tozlarının yumuşak şekerlemelerin tekstür, duysal, renk ve reolojik özellikleri üzerine etkisinin incelendiği farklı bir çalışmada elde edilen sonuçlara göre; partikül boyutunun, özellikle sertlik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik ve esneklik gibi tekstürel parametreler açısından önemli bir faktör olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmada yapılan duysal analizlerde, 100 ve 200  m partikül boyutuna sahip üzüm kabuğu ve çekirdek tozu içeren numuneler en yüksek puanı almıştır. Ayrıca, oldukça zengin biyoaktif bileşen içeriğine sahip olan ve etkin

bir şekilde değeriendirilemeyen bu yan ürünlerin yumuşak şekerleme formülasyonunda kullanımının, ürünlerin L* değeriini kontrol grubuna kıyasla partikül boyutundaki azalmaya paralel olacak şekilde düşürdüğü belirtilmiştir. Araştırma sonucunda, partikül boyutu 200 µm'nin altında olduğu üzüm türevi bileşenlerin ve/veya yan ürünlerin yumuşak şekerleme formülasyonunda başarılı bir şekilde kullanılabileceği belirtilmiştir (Altınok vd., 2020). Cano-Lamadrid vd. (2020) ise; jelatin esaslı yumuşak şekerleme formülasyonunda nar suyu, elma püresi ve bal kullanmıştır. Yapılan araştırmada, şekerlemelerin üretiminde uygulanan düşük sıcaklık sayesinde (60°C) nar suyunun önemli kalite parametrelerinden olan kırmızı rengin (a*) üretim sürecinden olumsuz etkilenmediği, ürünlerde jelatin içeriği ne kadar yüksekse, hem antioksidan kapasitesi hem de toplam fenolik madde miktarı dikkate alındığında fonksiyonel özelliklerin o kadar düşük olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan, düşük ısı işlem ile üretilen şekerlemelerin raf ömrünü kısıtlayacak nitelikte yüksek su aktivitesine sahip olduğu, aynı zamanda hem formülasyon içeriğinin hem de jelatin yüzdesinin sertlik üzerinde önemli etkilerinin bulunduğu belirtilmiştir. Araştırmada üretilen yeni örneklerin tam olarak optimize edilebilmesi için jelatinin su yerine nar suyunda sulandırılması ve kurutma aşamasının standardizasyonuna ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır. Neethu vd. (2020) yaptıkları çalışmada; birincil derecede mutfak atığı olan balık kılçıklarını ve portakal kabuklarını yumuşak şekerleme üretiminde değeriendirmiştir. Formülasyonda, hurma şekeri (palm sugar), mısır şurubu, balık kılçığı tozu (0,5 g, 0,8 g ve 1 g), portakal kabuğu ekstresi ve vanilya esansı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre balık kılçığı tozu ile zenginleştirilen ürünlerin, kontrol grubuna göre daha yüksek kalsiyum içeriği nedeniyle besin değeriinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Duyusal değeriendirmelerde ise, formülasyonda %0,8 balık kılçığı tozu içeren grubun en yüksek duyusal kabul edilebilirliğe sahip örnekler olduğu tespit edilmiştir.

1.1.4 Kenger Bitkisi (*Gundelia tournefortii* L.) ve Kenger Sakızı

Asteraceae (Papatyagiller) familyasına ait olan *G. tournefortii* L., Batı Asya'nın ılıman bölgelerine, yani Mısır, Irak, İran, İsrail, Ürdün, Türkiye, Azerbaycan, Ermenistan ve Türkmenistan'a özgü, tıbbi olarak atfedilen dikenli bir bitkidir (Çoruh, Celep Sağdıçoğlu, Özgökçe ve İşcan, 2007). Tek tohumlu, 20-100 cm boyunda, dikenli ve çiçekli, çok yıllık otsu bir bitki olan *G. tournefortii* L.'nin yenilebilir kısımları yaprakları, sapları, kökleri ve genç tomurcukları olup, ülkemizde genellikle Doğu Anadolu Bölgesi'nde yayılış göstermekle birlikte, değişik iklim ve rakımlarda da yetişmektedir (Asadi-Samani, Rafieian-Kopaei ve

Azimi, 2013; Matthäus ve Özcan, 2011). Genel olarak, yüksek dağların sarp kayalıklarında, kurak ve volkanik yamaçlarda, bozkır, dağlık, taşlık ve kıraç arazilerde doğal olarak yetişen, kurak iklimi seven, dayanıklı bir bitkidir. İlbaharda bolca yetişen *G. tournefortii* L., çiçeklenip tohumlar olgunlaştıktan sonra sonbahara doğru kurumaktadır (Asadi-Samani vd., 2013; Çoruh vd., 2007).

Tarihsel bir perspektiften bakıldığında *G. tournefortii* L.'nin insanlar tarafından kullanımının, özellikle Irak ve Türkiye'nin Neolitik Çağ bölgelerinden yayılım gösterdiği günümüz bölgelerine kadar en az 10.000 yıllık bir süreci kapsadığı belirtilmektedir (Hind, 2013). Ancak, bitkinin bilimsel olarak sınıflandırılması ve isimlendirilmesi 18. yüzyılın ilk yıllarında (1700-1702), Fransa krallık bahçelerinin bitkibilimcisi Joseph Piton de Tournefort (1656-1708)'un, Alman bir hekim ve botanikçi olan Andreas von Gundelsheimer (1668-1715) ve Fransız bir ressam olan Claude Aubriet (1665-1742) ile birlikte gerçekleştirdikleri ve bugünkü Yunanistan, Türkiye, Ermenistan topraklarını kapsayan bir keşif gezisi esnasında olmuştur. Joseph Piton de Tournefort, ülkemiz topraklarında seyahat ederken yazdığı ve daha sonra kitaba dönüştürülen mektuplarında bitkinin keşfini şu şekilde anlatmıştır (Hind, 2013; Yerasimos, 2013);

"...This day we gave a name to one of the finest Plants in the whole Levant; and because M. Gundelsheimer discovered it first, we agreed that in Justice it ought to bear his Name. By ill fortune we had nothing but water to celebrate the feast; but this agreed the better with this Ceremony, for the Plant grows no where but in dry stony places. The Bassa's (Pasha) Musick struck up just at the instant, which we took for a good Omen: yet we were a long while before we could find a *Latin* Name equivalent to that gallant Man's. We concluded that the Plant should be called *Gundelia*..."

"...O gün, Doğu'da yetişen en güzel bitkilerden birinin adını koyduk; onu önce Andreas von Gundelsheimer bulduğu için de, kadirşinaslık gereği olarak, onun adını taşıması gerektiğine inandık. Ne yazık ki kutlama için sudan başka bir şeyimiz yoktu, ama su törene çok uygundu, çünkü bitki kuru ve taşlı yerlerde yetişiyordu. Paşanın hareket işareti işte tam bu sırada geldi ve biz onu iyi bir işaret olarak kabul ettik; ne var ki sevgili arkadaşımıza uygun bir Latince ad bulmakta çok zorlandık. Sonunda, bitkinin adının *Gundelia* olmasına karar verildi..."

Şekil 1.4'te botanik illüstrasyonu (Hind, 2013) verilen *G. tournefortii* L., ülkemizde kenger, kangar, kengel, kengir, sakız otu, çadır diken, yayla gülü gibi çeşitli isimlerle anılmaktadır. Bitkinin enginara benzeyen başçığı ve taze sapsarı sebze olarak çeşitli yemeklerde, çorbalarda ve salatalarda kullanılırken, kavrulmuş tohumları kahve olarak da tüketilmektedir (Ebrahimi ve Sani, 2015). Bitki aynı zamanda hayvan yemi olarak da değerlendirilmektedir. Yakın zamanda bitki üzerine olan farkındalık seviyesinin artması, *Gundelia* cinsine ait yeni türlerin keşfedilmesini de sağlamıştır (Vitek, 2019). Şekil 1.5'te *G. tournefortii* L.'nin doğada (sol) ve tarladaki (sağ) görüntüsü görsel olarak verilmiştir (Hajizadeh-Sharafabad, Alizadeh, Mohammadzadeh, Alizadeh-Salteh ve Kheirouri, 2016; Vitek vd., 2017).



Şekil 1.4. *G. tournefortii* L.'nin botanik illüstrasyonu

Literatürde *G. tournefortii* L.'nin kimyasal yapısını, bu bitkiden elde edilen çeşitli ekstraktların antimikrobiyal, antioksidan ve fonksiyonel özellikleri gibi farklı özelliklerini ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (Asadi-Samani vd., 2013; Bağcı, Hayta, Kılıc ve Kocak, 2010; Çoruh vd., 2007; Khanzadeh, Khodaparast, Rad ve Rahmani, 2012). Bitkinin yenilebilir olan kökleri mineral ve vitaminler (özellikle A, B, C) bakımından oldukça zengin olup, özellikle tohumları yüksek yağ içeriği (%22,8) nedeniyle yenilebilir yağlar açısından potansiyel bir kaynak olarak belirtilmektedir. Söz konusu tohum yağlarının yağ asidi bileşiminin soya fasulyesi ve ayçiçeği yağları ile benzerlik gösterdiği, baskın yağ asitleri olarak sırasıyla linoleik (%54,59) ve oleik (%27,99) asit içerdiği (Khanzadeh vd., 2012) ve bu yağdaki ana fitosterollerin sırasıyla β -sitosterol (%51,76), stigmasterol (%18,52), 5-avenasterol (%9,82) ve kampesterol (%6,02) olduğu rapor edilmiştir (Ragasa vd., 2016).

Diğer yandan bitki tohumunun iyi bir protein (%12,6) kaynağı da olabileceği tespit edilmiştir (Matthäus ve Özcan, 2011).



Şekil 1.5. *G. tournefortii* L.'nin doğada (sol) ve tarladaki (sağ) görüntüsü

Farklı çalışmalarda bitkinin, biyolojik aktivitesinden sorumlu olan sinarin ve klorojenik asit gibi kafeik asit türevlerini, kuersetin ve gallik asit gibi flavanoidleri ve limonen, zingiberen ve saponinler gibi diğer bileşenleri de önemli oranda içerdiği belirlenmiştir (Haghi, Hatami ve Arshi, 2011; Hajizadeh-Sharafabad vd., 2016). Dolayısıyla, sahip olduğu çeşitli bileşikler sayesinde *G. tournefortii* L.'nin, hipoglisemik, anti-inflamatuar, anti-parazit, antibakteriyel, antioksidan ve hepatoprotektif etkilerinin olduğu ifade edilmiş ve tarih boyunca yetiştiği topraklardaki birçok toplum tarafından geleneksel olarak karaciğer hastalıkları, diyabet, göğüs ağrısı, kalp krizi, gastrik ağrılar, vitiligo, diyare ve bronşit tedavisinde kullanılmıştır (Ebrahimi ve Sani, 2015).

Tüm bunlara ilave olarak, *G. tournefortii* L.'nin köküne yakın kısmı kesildiğinde, zamk benzeri kıvamlı ve beyaz renkte bir sıvı açığa çıkmaktadır. Kenger sakızı veya kanak sakızı olarak isimlendirilen bu sıvı bekletildiğinde sakız mayasına benzer bir yapı almakta ve halk arasında özellikle şifa niyetine çiğnenmektedir (Evin, 2012; Hind, 2013). Kenger sakızı suda, etil veya metil alkolde, asetonunda çözünmeyen organik bir polimerdir. Bu nedenle, yapısının aydınlatılması ampirik olarak FTIR tekniği ile karakteristik elemental analize dayandırılmıştır. Cakmakci ve Dagdemir (2013)'e göre kenger sakızının %60,1 oranında karbon ve %8,8 oranında hidrojen ve %30,1 oranında oksijen içerdiği ve bu durumda kenger sakızının ampirik formülünün $C_5H_{8,8}O_{1,88}$ olduğu belirtilmiştir (Cakmakci ve Dagdemir, 2013).

Genel olarak, *G. tournefortii* L.'nin ve bu bitkiden elde edilen kenger sakızının gıdalarda kullanımına yönelik bilimsel çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Cakmakci ve Dagdemir (2013) tarafından yapılan araştırmada; kenger sakızının bir stabilizatör olarak dondurma üretiminde kullanılabileceği rapor edilmiştir. Başka bir araştırmada ise, söz konusu bitkiden elde edilen püre fonksiyonel yoğurt üretiminde kullanılmıştır. Mevcut çalışmanın sonuçları, *G. tournefortii* L. püresinin, yoğurdun kalitesini önemli ölçüde arttırdığını göstermiştir (Ebrahimi, Sani ve Islami, 2015). Farklı bir çalışmada ise bitkinin tohumlarından elde edilen yağın kızartma yağı olarak kullanım olanağı incelenmiştir (Hashemi vd., 2017). Palabiyik, Toker, Konar, Öner ve Demirci (2018) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise; biyo-bozunur ve yenilebilir sakız üretiminde kenger bitkisinden elde edilen bitki bazlı polimer (kenger sakızı) kullanılmıştır. Söz konusu çalışmada, kenger sakızı yapısal özelliklerin geliştirilmesi için ısıtılma işlemiyle 140°C'de 15 dakika muamele edilip yumuşatılmış ve sakız üretiminde sentetik sakız mayası yerine kullanılmıştır. Yapılan analizlerde, üretilen doğal sakızın tekstürel özelliklerinin kontrol grubu ile benzer nitelikler taşıdığı görülmüştür. Araştırma sonucunda, kenger bitkisinden elde edilen lateks benzeri ürünün geleneksel sakız imalatında sentetik sakız mayasına mükemmel bir alternatif olabileceği ifade edilmiştir (Palabiyik vd., 2018). Ancak, yapılan tüm bu çalışmalara rağmen, günümüzde *G. tournefortii* L. bitkisinin gıda üretimindeki yeri henüz tam olarak kesinleşmemiştir.

1.1.5 Propolis

Propolis, bal arılarının (*Apis mellifera*) bitki tomurcuklarından ve eksüdatlarından topladığı reçineleri tükürük salgıları ve balmumu ile karıştırarak ürettiği bir kovan ürünüdür. Botanik kökeni, kimyasal bileşimi, sezon, arı yaşı ve hasat alanı veya zamanı gibi faktörlere bağlı olarak biyoaktif özellikleri değişiklik gösteren propolisin, bitki reçineleri (%50), balmumu (%30), uçucu yağlar (%10), polen (%5) ve vitaminler (B₁, B₂, B₆, C, E), benzoik asit ve türevleri, flavonoidler ve türevleri, amino asitler ve mineraller gibi 300'den fazla bileşenden oluştuğu bildirilmiştir (Anjum vd., 2018; Meneses, Durango ve García, 2009; Pobiega, Kraśniewska ve Gniewosz, 2019; Yang, Wu, Huang ve Miao, 2017). Propolisin antioksidan (Gregoris ve Stevanato, 2010), anti-inflamatuar (McLennan vd., 2008), antiviral (Schnitzler vd., 2010), antibakteriyal (Netíková, Bogusch ve Heneberg, 2013), antifungal (Petruzzi vd., 2020) ve antikanser (Forma ve Brys, 2021) gibi pek çok multi-biyolojik özelliğe sahip olduğu belirtilmektedir (Anjum vd., 2019). Propolisin özellikle de sentetik koruyucular kullanılmadan daha doğal, minimal işlenmiş gıdalar için artan tüketici farkındalığından

kaynaklanan doğal antioksidan ve antimikrobiyal talebini karşılayacağı ifade edilebilir. Bu nedenle, bu potansiyel etkilerden yararlanmak amacıyla propolisin gıdalarda kullanımı ile ürünün besin değerinin, kalitesinin ve fonksiyonel özelliklerin geliştirilmesine yönelik olan çalışmalara talep artmıştır (Moreira, Dias, Pereira ve Estevinho, 2008; Pobiega vd., 2018).

Ham propolisin doğrudan kullanımı mümkün olsa da işlenmeden kullanıldığı zaman ciddi alerjik reaksiyonlara neden olabilmekte ve aynı zamanda bu haliyle çeşitli yabancı unsurları da (arı, böcek ölüsü vs. gibi) içermektedir. Bu nedenle propolisin takviye edici bir ürün olarak en yaygın kullanım şekli çeşitli çözücüler ile hazırlanan sıvı ekstraktlarıdır. Bu açıdan bakıldığında, propolis ekstraktlarının üretiminde en popüler teknik etanol ekstraksiyonudur. Günümüzde ise, su, zeytinyağı, dimetilsülfoksit, etilen glikol, polietilen glikol, glasiyal asetik asit ve gliserol gibi çözücüler veya bunların çeşitli kombinasyonları kullanılarak üretilmiş sıvı propolis ekstraktları da mevcuttur (Kubiliene vd., 2015; Martinotti ve Ranzato, 2015). Ancak, propolisin biyolojik olarak aktif temel bileşenlerinin su, yağ ve genellikle ilaç endüstrisinde kullanılan diğer çözücülerde güçlükle çözündüğü de bilinmektedir. Diğer yandan, etanol bazlı propolis ekstraktlarının oftalmoloji, pediatri vb. alanlarda karşılaşılan hastalıkların tedavisinde kullanılamaması ve bazı tüketici grupları tarafından tercih edilmemesi de söz konusudur (Kubiliene vd., 2015). Bu bakımdan, propolis ekstraktlarının hazırlanmasında hem fonksiyonellik hem de kullanılabilirlik açısından en uygun ve bunun yanı sıra doğal olan çözgen(ler)in veya bunların uygun kombinasyonlarının arayışının devam ettiği belirtilebilir.

Bilindiği üzere, laktik asit (L(+)-laktik asit, geleneksel adıyla süt asidi, $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$) gıda teknolojisinde oldukça önemli bir yere sahip olan ve insan vücudunda doğal olarak bulunan organik bir hidroksi asittir. Saf laktik asit renksiz ve higroskopik bir sıvıdır; sudaki kısmi dissosiyasyonu ve ilişkili asitlik sabiti ($K_a=1,38 \times 10^{-4}$) nedeniyle zayıf bir asit olarak tanımlanabilir. Laktik asit, laktik kültürlerin yer aldığı tüm fermente ürünlerde söz konusu mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri sonucu oluşup, bu ürünlerde doğal olarak bulunmaktadır. Toksik olmayan ve ADI değeri olmayan bir gıda katkı maddesi olarak da onaylanan laktik asit çeşitli gıda ürünlerinde (unlu mamüller, içecekler, et ürünleri, şekerlemeler, soslar, hazır yemekler vs.) doğal bir koruyucu, asitlik (pH) ve tat düzenleyici olarak da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Ameen ve Caruso, 2017; Igoe, 2011; Mohanty, Das, Nanda, Nayak ve Pradhan, 2015). Bu çerçevede, oldukça yakın zamanda laktik asidin propolis ekstraksiyon işleminde kullanımı üzerine bir çalışma

yapılmıştır (Atayoglu, 2021). Söz konusu çalışmada %80'lik laktik asit kullanılarak ekstrakte edilen propolisin fenolik bileşikleri ve antioksidan aktivitesi aynı koşullardaki etanol ekstraktı ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Her iki grupta yer alan ekstraktlar, karşılaştırma için farklı konsantrasyonlarda (%10, 20, 30 ve %40 propolis) hazırlanmış olup, elde edilen çözeltilerde LC-MS/MS prosedürü ile fenolik bileşikler belirlenmiş ve DPPH ve CUPRAC yöntemleri ile antioksidan aktivite analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, %40 propolis-laktik asit çözeltisindeki toplam fenolik içeriğin, aynı konsantrasyondaki etanol-propolis çözeltisinden önemli ölçüde yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Araştırmada, propolis ekstraksiyonu için etanole alternatif olarak laktik asidin kullanılabileceği ifade edilmiştir. Tüm bunlardan hareketle, çalışmamızda yeni bir ürün olan laktik asit bazlı sıvı propolis ekstraktının yumuşak şekerleme üretiminde kullanımının incelenmesi de amaçlanmıştır. Bu sayede; hem laktik asidin doğal koruyucu, asitlik düzenleyici ve tat geliştirici özelliklerinden, hem de bu çözgen kullanılarak elde edilen, biyoaktif bileşen kapasitesi daha yüksek olan propolisin insan sağlığı üzerine olan olumlu etkilerinden yararlanılması ve aynı zamanda söz konusu bileşenin toffee tipi yumuşak şekerleme ürünlerinin kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

1.1.6 Mavi-Yeşil Algler, *Spirulina platensis* ve Fikosiyanin

Algler, protein, karbonhidrat, yağ asitleri, vitamin, pigment ve daha pek çok ticari değerli metabolitleri biriktirme özelliği gösteren, tatlı su ve denizlerde yaşayan ve yapısal olarak prokaryotik (mikroalg) ve ökaryotik (makroalg) olmak üzere iki büyük gruba ayrılan organizmalardır (Priyadarshani ve Rath, 2012). Mikroalgler aynı zamanda mavi-yeşil algler olarak da bilinmektedir ve hücrelerinin prokaryotik doğası nedeniyle ‘siyanobakteriler, Cyanophyta, Cyanobacteria’ olarak da isimlendirilmektedir (Yılmaz ve Duru, 2011; Saranraj ve Sivasakthi, 2014). Makroalgler ise kamçı taşımalarına veya pigmentasyonlarına göre çeşitli alt gruplara ayrılmaktadır (El Gamal, 2010).

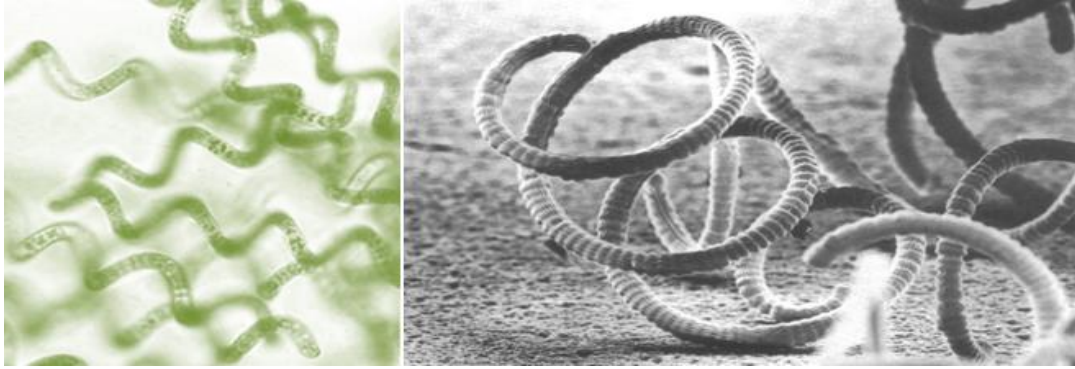
Mavi-yeşil algler (siyanobakteriler) dünyadaki en ilkel yaşam formları arasında yer almaktadır (El Gamal, 2010). Gerçek bir prokaryotik hücreye sahip olmakla birlikte ökaryotlara benzer şekilde fotosentez yapma yeteneğine sahiptirler. Bulundukları sucul habitatlarda, besin zincirinin birincil halkasını oluşturmaları bakımından oldukça önemli biyolojik fonksiyona sahip bu canlılar ile ilgili ilk çalışmalar morfolojik özellikleri üzerine olup, ilerleyen süreçte yapılan çalışmalar fotosentez mekanizmaları, azot fiksasyonları, gaz

vakuollerinin yapısı ve genetik materyalleri üzerine olmuştur. Mavi-yeşil alglerin fotosentez yetenekleri, yağ asitleri, karbonhidratlar, proteinler, pigmentler ve diğer birçok besin bileşiklerini üretmeleri eski zamanlardan beri gıda olarak kullanılmalarını sağlamıştır (Khan, Shin ve Kim, 2018). Gelişen teknoloji ile bu prokaryotik canlılarda, sağlık üzerine olumlu etkiler gösteren geniş bir biyolojik aktivite yelpazesine (antibakteriyel, antifungal, antiviral, antikanser, antioksidan gibi) sahip doğal biyoaktif bileşiklerin keşfedilmesi, mavi-yeşil alglerin insan ve hayvan beslenmesinde geniş bir uygulama alanı bulmasına neden olmuştur (Aksay ve Arslan, 2018; Marrez, Sultan ve Embaby, 2017; Tang ve Suter, 2011). Gıda üretimi için büyük bir potansiyele sahip olan mikroalgler aynı zamanda farmasötik, kozmetik, tekstil ve enerji sektöründe de sürdürülebilir seçeneklerin geliştirilmesi nedeniyle yakın gelecekte umut vaat eden canlılar arasında yer almaktadır (Ananya, Kamal ve Ahmad, 2014).

Günümüzde mavi-yeşil algler içerisinde yer alan özellikle *Spirulina*, *Oscillatoria*, *Chlorella*, *Dunaliella* ve *Anabaena* gibi hızlı gelişen siyanobakteri cinsleri değerli besin bileşiklerini üretmeleri nedeniyle gıda üretiminde ve beslenme çalışmalarında sıkça kullanılmaktadır (Abed, Dobretsov ve Sudesh, 2009; Barkallah vd., 2019; Bishop ve Zubeck, 2012). Bu cinsler içerisinde ise *S. platensis*, beslenme açısından önemli makro ve mikro bileşenleri içermesi, tek hücre kültürü açısından önemli bir potansiyele sahip olması ve üretim maliyetinin düşük olması nedeniyle daha çok tercih edilmektedir (Soni, Sudhakar ve Rana, 2017). *S. platensis*, Şekil 1.6'da görüldüğü üzere genellikle spiral şekilli, birkaç milimetre uzunluğunda ve çapı 3-12 µm silindirik hücrelerden oluşan prokaryotik bir organizma olup (Ciferri, 1983; Vladimirescu, 2010), 30-35°C gibi yüksek sıcaklıklarda ve yüksek alkali ortamda (pH: 9,5-11) üreyebilen fotosentetik bir siyanobakter türüdür (Madkour, Kamil ve Nasr, 2012; Moraes, Arruda, Maresca, Antunes ve Moraes, 2013; Soundarapandian ve Vasanthi, 2008).

Her ne kadar bazı araştırmacılar tarafından "süper gıda" olarak 21. yüzyılın besini şeklinde tanıtılsa da *S. platensis*'in tarihçesi çok eskilere dayanmakta olup, Aztek'ler tarafından Texcoco gölünden toplanarak tüketildiği bilinmektedir (Habib, Parvin, Huntington ve Hasan, 2008; Zeinalian, Farhangi, Shariat ve Saghafi-Asl, 2017). *S. platensis*, özellikle %55-70 oranında protein içermesi, esansiyel aminoasitler ve yağ asitleri ile biyoaktif özellikteki klorofil, karoten ve mavi renkli fikosiyanin pigmentlerini yüksek miktarda yapısında bulundurması, çeşitli vitamin ve minerallerce zengin olması bakımından beslenme

açısından oldukça dikkat çekici özelliklere sahiptir (Habib vd., 2008; Saranraj ve Sivasakthi, 2014).



Şekil 1.6. *S. platensis* filamentlerinin optik mikroskopta (sol) ve taramalı elektron mikroskopunda (sağ) görünüşü

Çizelge 1.2'de *S. platensis*'in karşılaştırmalı olarak ayrıntılı kimyasal kompozisyonu verilmiştir. Bu verilere göre, ortalama olarak kırmızı ette %20-24 (Wyness, 2016), baklagillerde %20-37 (Laleg, Cassan, Barron, Prabhasankar ve Micard, 2016) ve yumurtada %7-12 (Attia, Al-Harthi ve Shiboob, 2014) oranında protein olduğu düşünülürse, *S. platensis*'in bilinen protein kaynakları arasında en yüksek protein oranına sahip olduğu belirtilebilir. Diğer yandan, kuru ağırlığının yaklaşık %5-10'u arasında bir lipid fraksiyonu içeren *S. platensis*, iyi bir gama-linolenik, linoleik ve oleik asit kaynağı olarak kabul edilmektedir (Gutiérrez-Salmeán, Castillo ve Chamorro-Cevallos, 2015). Ayrıca, kolay sindirilebilir olarak atfedilen %14-19 arasında değişen karbonhidrat bileşimine sahip olan *S. platensis* insanlar tarafından bağışıklık güçlendirici olarak da kullanılabilmektedir (Li ve Qi, 1997).

Çizelge 1.2. *S. platensis* biyokütlesinin kimyasal bileşimi

Bileşen (%)	Habib vd. (2008)	Zeinalian vd. (2017)	Tohamy vd. (2019)
Nem	4-9	4-6	6,33
Protein	55-70	55-67	59,79
Karbonhidrat	14-19	12-20	15,01
Lipid	4-7	6-8	8,03
Kül	3-11	6-8	8,40
Ham lif	4-7	2-6	2,44

Birçok toksikolojik çalışma ile *Spirulina* mikroalginin sağlık açısından güvenilir olduğu kanıtlanmıştır. 2002 yılında ise Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (Food and Drug Administration, FDA) tarafından Genel Olarak Güvenli Olarak Tanınan (Generally Recognized As Safe, GRAS) kategorisinde listelenen maddeler arasında yerini almıştır (FDA, 2002; Lucas, de Moraes, Santos ve Costa, 2018). Buna göre, porsiyon başına 0,5-3 g arasında değişen miktarlarda bir gıda bileşeni olarak kullanımı tavsiye edilmiştir (Sharoba, 2014). Farklı bir kaynakta ise yetişkinler için önerilen günlük tüketim miktarının 3-10 g arasında olabileceği, maksimum tüketimin ise 30 g'ı geçmemesi gerektiği belirtilmiştir (Sotiroudis ve Sotiroudis, 2013). Yapılan çalışmalar ile bu spesifik mikroalgın oldukça önemli fonksiyonel özelliklere sahip olduğu ortaya konmuş olup; hastalıklara veya diğer sağlık komplikasyonlarına neden olabilecek toksinlerin ve diğer yabancı maddelerin vücuttan arındırılmasına yardımcı olan bir gıda takviyesi olduğu, kolesterolü dengelediği, kalp sağlığını, diyabeti, obeziteyi, yaraları ve sindirim sağlığını iyileştirdiği, depresyon ve anksiyeteye karşı önemli bir biyoaktif bileşen kaynağı olduğu ifade edilmiştir (Anitha ve Chandralekha, 2010; Sharoba, 2014).

S. platensis tüm bu özelliklerinin yanı sıra önemli fonksiyonel özelliklere sahip birçok pigment içermektedir. Bu pigmentlerin başlıcaları arasında fikosiyanın, allofikosiyanın ve fikoeritrinler gibi fikobiliproteinler, klorofil-a, beta-karoten, ksantofil, miksoksanofil, zeaksantin, kataksantin, diatoksantin, beta-kriptoksantin, oksiloksan yer almaktadır (Habib vd., 2008; Sharoba, 2014). Bu bakımdan eşsiz bir pigment içeriğine sahip *S. platensis* hücreleri yeşil renkli klorofil a ile mavi renkli fikosiyanın pigmentinin baskınlığı nedeni ile karakteristik olarak mavi-yeşil renkte görünmektedir (Muthulakshmi, Saranya, Sudha ve Selvakumar, 2012). Bu pigmentlerden ticari öneme sahip olan fikobiliproteinlerin ise oldukça önemli özellikleri bulunmaktadır. Fikobiliproteinler, fikosiyanabilin, fikoeritrobin gibi protein olmayan bileşiklerin (veya kromofor yapıların) polipeptit zincirine bağlanması sonucu meydana gelen oligomerik proteinlerdir (Antelo, Costa ve Kalil, 2008). Sahip oldukları prostetik gruba göre karakterize edilmektedirler. Buna göre, fikoeritrobin kromoforu içeren fikoeritrobin, fikosiyanobilin kromoforu içerenler de fikosiyanın ve allofikosiyanın olarak isimlendirilmiştir. Biyokimyasal olarak fikobiliproteinler ve bağlayıcı polipeptitlerden oluşan fikobilizomların yaklaşık olarak %75'ini fikosiyaninler (koyu kobalt mavisi), %12'sini allofikosiyaninler (mavimsi yeşil, parlak su mavisi), %12'sini de fikoeritrinler (mor, parlak pembe) ile pigmentsiz polipeptidler oluşturmaktadır (Liu, Chen, Zhang ve Zhou, 2005;

Yamanaka, Glazer ve Williams, 1978). *S. platensis* biyokütlesinde yüksek miktarda bulunan ve ekonomik anlamda en önemli fikobiliprotein çeşidi mavi renkli fikosiyanindir. Fikosiyanin (C-PC), kokusuz, toksik olmayan, suda çözünebilen, yüksek antioksidan ve güçlü floresan özelliğine sahip olan ($\lambda_{\max}$ 615-640 nm), α ve β olmak üzere birbirleriyle nispeten homolog iki alt birimden oluşan bir pigment olup, miktarı hücre kuru ağırlığının yaklaşık olarak %20'sine kadar ulaşabilmektedir (Bermejo, Felipe, Talavera ve Alvarez-Pez, 2006; Chaiklahan, Chirasuwan, Loha, Tia ve Bunnag, 2011). Nitekim, *S. platensis*'in sergilemiş olduğu biyoaktivitenin önemli bir kısmı esas olarak C-PC'nin belirgin antioksidan kapasitesi ile ilişkilendirilmektedir (Stanic-Vucinic, Minic, Nikolic ve Velickovic, 2018).

Yumuşak şekerleme ürünlerinde sentetik gıda boyaları (renklendirici) genellikle ısıya ve asidik ortama dayanıklılıkları, depolama sırasındaki kararlılıkları nedeniyle tercih edilmekte ve bu sayede çok farklı renkte ürünler üretilebilmektedir. Özellikle tartrazin (sarı), amaranth (mor), sunset yellow (kırmızımsı sarı), allura red (sarımsı kırmızı), ponceau 4R (kırmızı), brilliant blue, indigotin (mavi) ve eritrosin (mavimsi pembe) yumuşak şekerleme üretiminde en yaygın olarak kullanılan sentetik renklendiricilerdir. Söz konusu katkılar, çoğu durumda, pişirme adımından sonra konsantre bir renklendirici çözeltisi şeklinde üretim prosesine dahil edilmektedir. Gıda renklendiricilerinin kullanım oranı ürün tipine, üretim yöntemine, ortamın pH, asitlik derecesine göre genellikle %0,1-0,3 arasında değişmektedir (Chan, 2015; Hartel vd., 2018a). Günümüzde ise, gıda endüstrisinde özellikle içecek ve şekerleme sektöründe sentetik mavi renkli boyaların kullanımı kısıtlanmakta ve doğal mavi renkli boyaların kullanımına olan ilgi giderek artmaktadır (Jespersen, Strømdahl, Olsen ve Skibsted, 2005). Diğer yandan, sentetik gıda boyalarının sağlığa zararlı toksik ve alerjik etkilerinin olması üreticileri doğal renk maddelerini kullanmaya yöneltmiştir. Bu bağlamda, tam da bu ihtiyaca yönelik olarak *S. platensis*'in doğrudan toz formu veya kendisinden ekstrakte edilebilen koyu mavi renkli pigmentin (fikosiyanin) gıdalarda doğal bir renklendirici olarak kullanılabilirliği birçok araştırmanın temasını oluşturmuştur. Özellikle doğal bir mavi renklendirici olarak fikosiyanine olan talep, sakız ve şekerlemelerde renklendirici olarak FDA tarafından onaylanmasının ardından yoğun bir şekilde artmış ve bunu takiben dondurma ve dondurulmuş tatlılara, yenilebilir süslemelere, kuru içecek karışımları ve tozlarına, yoğurt ve peynir gibi süt ürünlerine, pudinglere ve mısır gevreği gibi çeşitli tahıl ürünlerine uygulanmıştır (Mysliwa-Kurdziel ve Solymosi, 2017; Sonani, Rastogi, Patel ve Madamwar, 2016; Stanic-Vucinic vd., 2018).

Tüm bunlara ilave olarak, renklendirici içeren ürünlerin üretim, paketlenme ve depolama koşullarını uygun şekilde belirleyebilmek için kullanılan renklendiricinin stabilitesi ve olası parçalanma prosesi hakkında ayrıntılı bilgi sahibi olunması gerekmektedir (Jespersen vd., 2005). Fikosiyanin bu anlamda muadillerine (brilliant blue E133, gardenya mavisi, indigo mavisi) kıyasla kararlı bir protein olmayıp, ışık ve yüksek sıcaklığa karşı düşük stabilite göstermektedir (Mysliwa-Kurdziel ve Solymosi, 2017; Stanic-Vucinic vd., 2018). Söz konusu pigment için kritik sıcaklık 47-50°C'dir. Optimum pH aralığı ise 5,0-6,0 arasında değişmekte olup, asidik çözelti (pH 3) içerisinde çözünmemektedir (Jespersen vd., 2005; Wu, Wang, Xiang, Li ve He, 2016). Fikosiyanin çözeltisi 50°C'de ve pH 6,0'da maksimum stabilite gösterirken, 60°C'deki maksimum stabilitenin pH 5,5 olduğu belirlenmiştir (Chaiklahan, Chirasuwan ve Bunnag, 2012). Yukarıda belirtilen bu dezavantajlara rağmen, özellikle meşrubat, sert şeker, kaplamalı ve jelly tipi yumuşak şekerlemelerde söz konusu ürünlerin doğal yapısından dolayı fikosiyaninin ve fikosiyanin fonksiyonu gösteren *S. platensis*'in kullanımı yüksek potansiyel taşımaktadır (Jespersen vd., 2005). Nitekim, fikosiyanin stabilitesini arttırmak ve farklı gıda matrislerine uygulamalarını genişletmek için yapılan çalışmalara göre %20 glikoz, %20 sakkaroz veya %2,5 sodyum klorür ilavesinin fikosiyanin ekstraktının stabilitesini arttırdığı tespit edilmiştir (Chaiklahana vd., 2012). Özellikle bal veya yüksek miktarda şeker konsantrasyonunun, söz konusu proteinin termal bozunmasını büyük ölçüde azalttığı ifade edilmektedir. Sterilizasyondan sonra (80 ve 100°C) fruktoz şurupları ile hazırlanmış fikosiyanin karışımlarının 2 aylık depolamanın ardından oldukça berrak kaldığı ortaya konmuştur (Martelli, Folli, Visai, Daglia ve Ferrari, 2014). Farklı bir çalışmada da fikosiyaninin termal bozunma hızının benzoik asit varlığında, ardından sitrik asit ve sakkaroz varlığında azaldığı belirlenmiştir (Kannaujiya ve Sinha, 2016). Bu kapsamda, toffee tipi yumuşak şekerleme ürünleri gibi daha önce uygulanmamış farklı bir gıda matrisinde *Spirulina* (*S. platensis*)'dan elde edilen fikosiyanin stabilitesinin araştırılması, gıda proseslerindeki kullanım olanaklarının tespiti açısından oldukça önemli olduğu düşünülmektedir.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

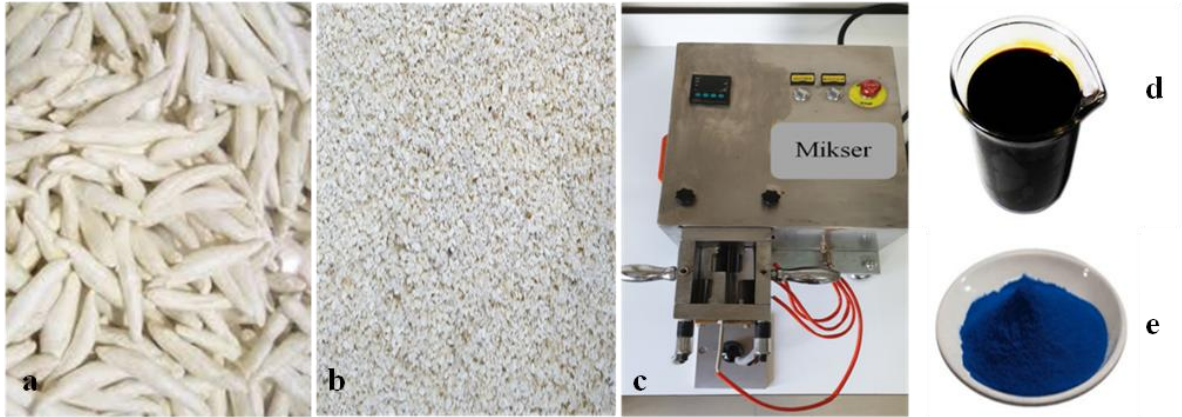
Toffee tipi yumuşak şekerleme prosesinde farklılıklar bulunmakla birlikte konvansiyonel teknikte pişirme işlemi genellikle 120-125°C gibi yüksek sıcaklıkta yapılmaktadır. Pişirme işlemine, karışımın nem ve briks değeri ürün çeşidine göre uygun değere gelinceye kadar devam edilmektedir. Söz konusu proseste sıcaklık üzerinde yapılan en ufak değişiklik son ürünün kalitesi üzerinde büyük bir öneme sahiptir. Pişirme işleminin yanı

sıra ürün reçetesinde yaygın bir şekilde kullanılan jelatinin ise hem son ürünün yapısı hem de şekerlemenin tercih edilen tüketim karakteristiği açısından önemli bir işlevselliği bulunmaktadır (Hartel vd., 2018a). Günümüzde sadece toffee tipi ürünlerde olmamakla birlikte birçok yumuşak şekerlemede jelatinin yerine farklı hidrokolloidlerin kullanımı mevcuttur. Ancak, formülasyonda kullanılan hidrokolloid türü değişse de prosesteki yüksek pişirme sıcaklığı ile prosesin süresinde pek bir değişiklik olmamaktadır. Bu bakımdan yumuşak şekerleme üretiminde kullanılan klasik yöntemler ve prosesteki yüksek sıcaklık, bu tarz ürünlerin insan beslenmesinde önemli rolü olan ancak ısıya karşı hassas olan çeşitli fonksiyonel bileşenler açısından zenginleştirilmesini kısıtlamaktadır. Çalışma kapsamında şekerleme üretiminde ana materyal olarak kenger bitkisinin (*G. tournefortii* L.) köklerinden elde edilen sakıza benzer lateks yapıdaki kıvamlı özüt kullanılarak öncelikle "yeni bir ürün formülasyonu" geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte laboratuvar tipi z-blade mikser (z yoğurma makinesi) sayesinde yeni bir proses ile toffee tipi çiğnenebilir yumuşak şekerleme üretiminin tek aşamada yapılarak kısaltılması ve proses koşullarının düşük ısıl stabiliteye sahip bileşenlerin kullanılabilmesi açısından elverişli hale getirilmesi hedeflenmiştir. Ardından, kontrol grubu ile birlikte yeni bir formülasyon ve üretim tekniği ile hazırlanan kenger sakızlı şekerli ve şekersiz yumuşak şekerleme örneklerine öncelikle doğal mavi renk kaynağı olarak fikosiyanin ilave edilmiş olup bu örnekler $4\pm2^{\circ}\text{C}$ ve 40°C 'de 3 ay süreyle muhafaza edilerek yapılan renk analiziyle fikosiyanin stabilitesinin incelenmesi ve $20\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de 5 ay süreyle muhafaza edilen örnekler ile kıyaslanması amaçlanmıştır. Diğer yandan, $20\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de 5 ay boyunca muhafaza edilen örneklerde aylık periyotlarla çeşitli kalite analizleri de yapılarak örnek özelliklerinin nasıl değiştiği tespit edilmiştir. Son kısımda ise, kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerle laktik asit bazlı propolis ilavesi yapılarak $20\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de 5 ay boyunca muhafaza edilen örneklerde propolis ilavesinin ürünler üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Kenger bitkisinden (*G. tournefortii* L.) elde edilen kenger sakızı Malatya Darende'den (Temmuz, 2019) temin edilmiştir. Kuruyan bitkinin kök kısmından elde edilen bu materyal Temmuz-Ağustos aylarında toplanmaktadır ve yıl boyunca değerlendirilebilmektedir (Şekil 2.1). Araştırmamızda, yeni ve klasik metotla üretilmiş çiğnenebilir yumuşak şekerlemelerin fonksiyonel bileşen taşıma potansiyellerini değerlendirmek için ısıya duyarlı farklı yapıda biyoaktif maddeler seçilmiştir. Seçilen bu biyoaktif maddeler arasında, doğal mavi renklendirici kaynağı olarak Spirulina (*S. platensis*)'dan elde edilen fikosiyanin ve propolis yer almaktadır. Bu kapsamda, fikosiyanin Meilleur Du Chef (Türkiye)'den temin edilmiştir. Propolis olarak, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Teknopark ürünü olan ticari laktik asit bazlı sıvı propolis (%15) kullanılmıştır (Api10, Türkiye). Piyasadaki benzerlerinden oldukça farklı olan bu propolisin üretiminde %80'lik laktik asit kullanılmakta olup, ekstraksiyon koşulları; %15 propolis ve %85 laktik asit şeklindedir. Çalışmamızda, şekerleme ürünlerinin üretiminde kullanılmak üzere pilot ölçekli (Tulpar Makine San. ve Dış Tic. Ltd. Şti., Başakşehir, İstanbul/Türkiye) sıcaklık kontrollü laboratuvar tipi z-blade mikser dizayn edilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Kenger sakızı (bütün) (a), kenger sakızı (öğütülmüş) (b), Üretim mikseri (c), Laktik asit bazlı propolis ekstraktı (d), Fikosiyanin (e)

Formülasyonlarda kullanılan 42 DE glikoz şurubu, toz sorbitol, toz ksilitol ve toz izomalt Smart Kimya'dan (İzmir/Türkiye) tedarik edilmiştir. Analizlerde kullanılan tüm kimyasallar ise Sigma (St Louis, MO, USA) ve Merck'den (Darmstadt, Almanya) temin edilmiştir.

2.2 Yöntem

2.2.1 Konvansiyonel Çiğnenebilir Yumuşak Şekerleme Üretimi

Çalışmamızda, şekerleme üretim yöntemlerinin etkilerinin karşılaştırılması amacıyla; deneme örnekleri z-blade mikser kullanılarak üretilirken, kontrol örneklerinin üretiminde geleneksel (klasik) yöntem kullanılmıştır. Kontrol grubu yumuşak şekerlemelere ait referans formülasyon Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Kontrol grubu yumuşak şekerleme ürününe ait referans formülasyon

Hammaddeler	Oran (g/100 g)	Hammaddeler	Oran (g/100 g)
Su	15,10	Tokoferol	0,032
Şeker	42,70	Soya lesitini	0,007
Sorbitol	1,20	Hidrojenize bitkisel yağ	5,00
Sitrik asit anhidrat	1,00	Sığır jelatini	1,5
Glikoz Şurubu	31,50	Sorbitol	1,90
GMS (Gliserol monostearat)	0,041	Tuz	0,02

Klasik yöntem ile yumuşak şekerleme örneklerinin üretiminde, öncelikle su, şeker ve glikoz şurubu (42 DE) karışımı hazırlanmış ve 100°C'de Thermomix TM5 (UK) cihazında ön ısıtma uygulanmıştır. 60°C'de hazırlanan jelatin (250 Bloom) çözeltisi (su:jelatin, 3:1) ve sorbitol bu karışıma ilave edilerek homojen dağılım sağlanmış ve 100°C'ye ulaşınca kadar karıştırılmaya devam edilmiştir. Daha sonra sıcaklık 120°C'ye yükseltip karışıma hidrojene yağ, lesitin ve tokoferol ilave edilmiştir. Ardından kitleye soğutma uygulanarak sıcaklık 55°C'ye düşürülmüştür. Bu aşamada aroma ilavesi gerçekleştirilip KitchenAid (USA) cihazında şekerleme hamuruna 6-8 dakika çekme ve yoğurma işlemi uygulanmıştır. Süre sonunda kitleye form verilerek eşit hacimlerde kesilmiş (1,5cm x 1,5cm x 0,5cm; 2,5g) ve önceden hazırlanmış fırın kağıtlarına teker teker sarılıp polietilen ambalajlarda analiz süresine kadar ambalajlanarak 20±2°C'de muhafaza edilmiştir (Hartel vd., 2018a).

2.2.2 Yeni Proses Şekerli Çiğnenebilir Yumuşak Şekerleme Üretimi ve Bileşen Optimizasyonu

Özel olarak tasarlanan laboratuvar tipi z-blade mikser (z-kneading machine, z kol yoğurma makinesi) (Şekil 2.1) kullanılarak yeni geliştirilen üretim yöntemi ile şekerli

yumuşak şekerleme örneklerin bileşiminin tespitinde öncelikle kenger sakızı, pudra şekeri ve glikoz şurubunun (42 DE) maksimum ve minimum sınırlarını belirleyebilmek için bu 3 bileşenin çeşitli oranlarından oluşan birçok ön deneme üretimi gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu ön denemelerde formülasyonda glikoz şurubu miktarı arttıkça hamurların oldukça yapışkan olduğu, pudra şekeri miktarı arttıkça hamurun özellikle soğuduktan sonra oldukça sert bir form aldığı, kenger sakızı miktarı arttıkça yapılan duyu analizlerde şekerlemelerin ağızda tam olarak dağılmadığı tespit edilmiştir. Bu durumun ardından formülasyona, ürünü yumuşatmak (emollient ingredient) ve kenger sakızının ağızda tam olarak dağılabilmesini sağlamak amacıyla bitkisel orijinli (zeytinyağı) squalen katılması planlanmıştır. Squalen ilavesi ile yapılan deneme üretimlerinde squalenin hem ürün tekstürü açısından hem de şekerlemenin ağızda dağılabilirliği açısından oldukça uygun olduğu anlaşılmış ve deneme deseninin oluşturulmasında formülasyonda bu bileşenin 0-5,00 g/100 g arasında tutulmasına karar verilmiştir.

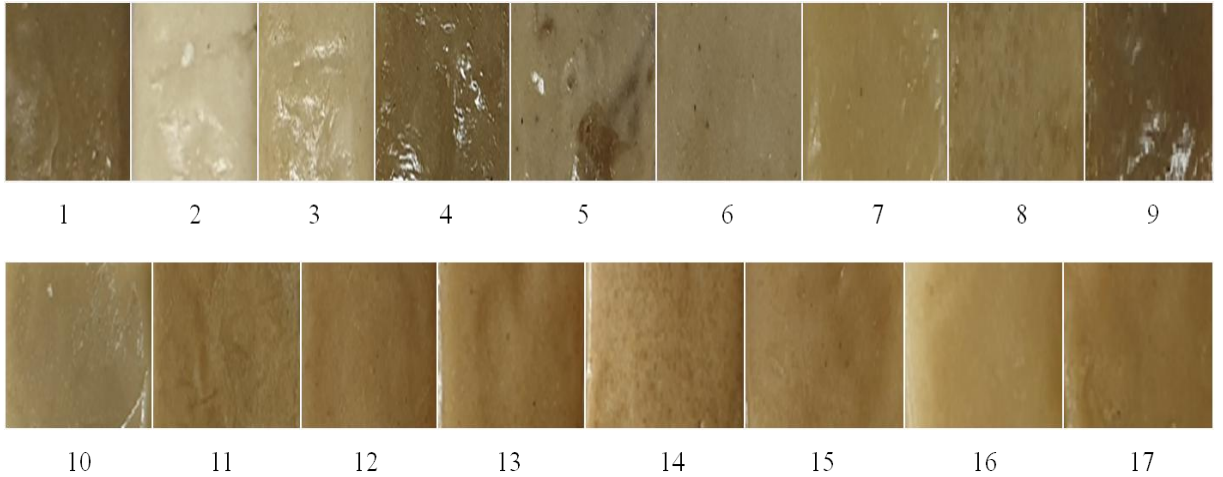
Tüm bu bilgiler doğrultusunda kengerli şekerli ürün grubunda Karışım Dizaynı yöntemiyle Çizelge 2.2'de belirlenen deneme noktalarının tespiti yapılmış olup aşağıda açıklanan ve ön denemeler neticesinde standardize ettiğimiz yöntem ile bu grubun üretimi gerçekleştirilmiştir. Kenger sakızlı şekerli yumuşak şekerleme üretiminde ön denemeler sonucu belirlediğimiz yöntem göre, kenger sakızları öncelikle boyut küçültme amacıyla ev tipi kahve öğütücüde (Siemens MC23200) 1 dakika öğütme işlemine tabi tutulmuştur. Ardından öğütülmüş kenger sakızı, glikoz şurubu ve pudra şekerinin Çizelge 2.2'de belirlenen deneme noktalarına göre tartımları yapılarak laboratuvar tipi yumuşak şekerleme üretim mikserinin haznesine aktarılmış ve 120°C'de 40 dakika karıştırma işlemi uygulanmıştır. Karıştırma işleminin 5. dakikasından itibaren, şekerleme hamurunu yumuşatmak ve kenger sakızının ağızda dağılabilirliğini sağlamak amacıyla (emollient ingredient) zeytinyağı orijinli fonksiyonel nitelikteki squalen ilavesi yapılmıştır. Isıl işlem süresi sonunda sürekli karıştırma devam ederken hamurun sıcaklığı 70°C'ye düşürülmüştür. Soğumaya başlayan ürün hamurunda mikserdeki karıştırma işlemi sayesinde çekme işlemi de yapılmış ve ürün hamurunda istenen tekstürün oluşması sağlanmıştır. Son olarak ürüne 40°C'de 0,20 g/100 g yaban mersini aroması ilavesi yapılmış ve 1 dakika daha karıştırma işlemine devam edilmiştir.

Tüm bu aşamalar esnasında hamurun sıcaklığı infrared termometre ile de izlenip kontrol edilmiştir. Ardından şekerleme hamurları mikserden alınıp fırın kağıtlarına sarılarak form verilmiş ve tüm denemelere ait şekerleme hamurları eşit hacimlerde (1,5cm x 1,5cm x

0,5cm; 2,5g) kesilerek fırın kağıtlarına teker teker sarılmıştır. Üretilen şekerlemelerin kesim öncesi hamurları Şekil 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Karışım dizaynına göre yeni teknikle üretimi planlanan kenger sakızı içeren şekerli yumuşak şekerleme örneklerine ait deneme aktüel değerleri (g/100 g)

Deneme	Kenger Sakızlı Şekerli Yumuşak Şekerleme Formülasyonları					Duyusal Analiz Skoru
	Kenger Sakızı	Pudra Şekeri	Glikoz şurubu	Squalen	Aroma	
1	15,00	49,46	30,36	4,98	0,20	1,0±0,0
2	2,10	70,90	23,33	3,47	0,20	3,8±0,8
3	15,00	28,94	50,90	4,98	0,20	1,0±0,0
4	7,47	66,71	25,62	0,00	0,20	1,0±0,0
5	15,00	33,94	50,86	0,00	0,20	1,0±0,0
6	2,71	46,20	50,89	0,00	0,20	1,0±0,0
7	2,44	41,53	50,83	5,00	0,20	8,2±0,8
8	15,00	28,94	50,88	4,98	0,20	1,0±0,0
9	8,65	37,70	50,90	2,55	0,20	1,0±0,0
10	2,00	62,45	30,36	4,99	0,20	5,0±2,0
11	15,00	66,94	16,95	0,91	0,20	1,0±0,0
12	11,14	58,10	27,15	3,41	0,20	1,0±0,0
13	7,81	48,60	38,39	5,00	0,20	1,0±0,0
14	14,79	43,79	41,22	0,00	0,20	1,0±0,0
15	2,71	46,20	50,89	0,00	0,20	1,0±0,0
16	2,00	56,80	38,06	2,94	0,20	5,4±1,3
17	8,97	70,03	15,80	5,00	0,20	1,0±0,0



Şekil 2.2. Kenger sakızı içeren şekerli çiğnenebilir yumuşak şekerlemelere ait deneme formülasyonlarının üretim sonrası yüzey görünimleri

Üretim işlemini takiben, optimum kenger sakızı içeren şekerli yumuşak şekerleme formülasyonunun tespit edilebilmesi için hazırlanan bu ön denemelerin (17 deneme üretimi)

panelistler (10 kişi, 5 kadın ve 5 erkek, 22-36 yaş aralığı) tarafından duyusal analizi yapılmıştır. Duyusal analizde örneklerin ağızda "tamamen dağılılabirliği" esas alınmış ve ağızda dağılmayan tüm örneklere 1 puan verilmiştir, ağızda dağılan örnekler ise genel beğeni ağıısından 9 ölçekli hedonik skala ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Karışım Dizaynı programına girilmiş ve şekerli ürün grubunda bileşenlere dair ticari yumuşak şekerleme ürünlerine en yakın optimum formülasyon oranları elde edilmiştir.

2.2.3 Yeni Proses şekersiz Çiğnenebilir Yumuşak şekerleme Üretimi ve Bileşen Optimizasyonu

şekersiz deneme üretimlerinde de tıpkı şekerli ürünlerin üretiminde olduğu gibi aynı yöntem uygulanmış, ancak ürün formülasyonunda ilk başta pudra şekeri yerine toz sorbitol, ksilitol ve mannitol, glikoz şurubu yerine de maltitol şurubunun kullanımı hedeflenmiştir.

17 adet deneme oranının tespitinden önce bileşenlerin maksimum ve minimum oranlarının belirlenebilmesi için birçok ön deneme yapılmış olup, bu denemelerde formülasyonda ilk olarak değişik oranlarda sorbitol, ksilitol ve mannitol tek başına kullanılmıştır. Ancak sorbitol ve mannitol tek başına kullanıldığında şekerleme hamurunun oldukça sert, ksilitol tek başına kullanıldığında ise şekerleme hamurunun oldukça yumuşak jel kıvamında bir yapı aldığı görölmüştür. Diğer yandan, yüksek erime sıcaklığından (164-169°C) dolayı mannitolün ürünlerde duyusal analizler ile tespit edilen kumsu bir yapıya neden olduğu ve şekerleme tekstürünü olumsuz etkilediği belirlenmiş ve bu nedenle ürün formülasyonundan çıkarılarak yerine izomalt kullanılması gerektiğine karar verilmiştir.

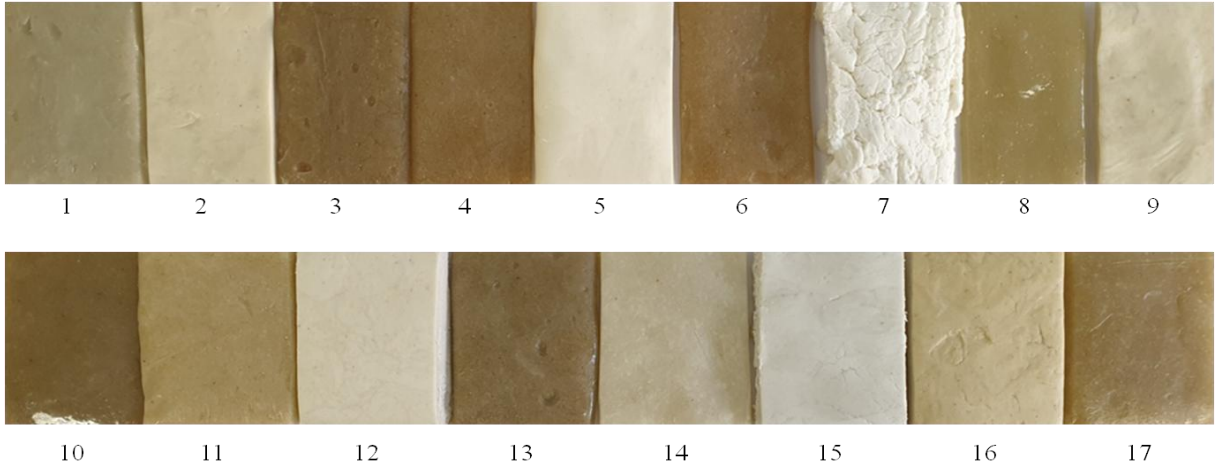
Bu tespitin ardından yapılan başka denemelerde, pudra şekerinin ikamesi amacıyla toz sorbitol, ksilitol ve izomalt bir arada kullanılmaya başlanmış ve 92°C'de erimeye başlayan ksilitolün, maltitol şurubuna benzer etki gösterdiği tespit edilerek miktarının 5,00 g/100 g oranında sabit tutulmasına karar verilmiştir. Bununla birlikte, yapılan ön denemelerden elde edilen veriler neticesinde ve aynı zamanda şekerli ürün esas formülasyon oranlarında squalen miktarının 2,00 g/100 g olarak belirlenmesi nedeniyle, şekersiz denemelerde de squalen miktarı 2,00 g/100 g oranında sabit tutulmuştur.

Tüm bu bilgiler doğrultusunda, Karışım Dizaynı programına veri girişi yapılarak Çizelge 2.3'te yer alan 17 adet deneme deseninin oranları elde edilmiş ve daha önce belirtilen

yönteme göre bu örnekler hazırlanmıştır. Üretilen şekerlemelerin kesim öncesi hamurları Şekil 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Karışım dizaynına göre yeni prosesle üretimi planlanan kenger sakızı içeren şekersiz yumuşak şekerleme örneklerine ait deneme aktüel değerleri (g/100 g)

Kengerli Şekersiz Yumuşak Şekerleme								
	Kenger Sakızı	İzomalt	Toz Sorbitol	Maltitol Şurubu	Ksilitol	Squalen	Aroma	Duyusal Analiz Skoru
1	2,66	63,64	6,50	20,00	5,00	2,00	0,20	4,0±1,4
2	7,09	65,37	15,00	5,35	5,00	2,00	0,20	1,5±0,7
3	15,00	51,48	6,33	20,00	5,00	2,00	0,20	1,0±0,0
4	15,00	51,55	14,99	11,26	5,00	2,00	0,20	1,0±0,0
5	2,00	69,70	10,50	10,60	5,00	2,00	0,20	7,5±0,7
6	10,63	59,08	9,58	13,51	5,00	2,00	0,20	1,0±0,0
7	2,00	80,79	5,00	5,01	5,00	2,00	0,20	1,0±0,0
8	2,00	56,04	15,00	19,76	5,00	2,00	0,20	8,2±0,8
9	7,16	67,90	5,00	12,74	5,00	2,00	0,20	1,0±0,0
10	12,34	45,70	14,76	2,00	5,00	2,00	0,20	1,0±0,0
11	7,09	65,37	15,00	5,35	5,00	2,00	0,20	1,0±0,0
12	7,80	73,94	5,00	6,06	5,00	2,00	0,20	1,0±0,0
13	15,00	51,48	6,33	20,00	5,00	2,00	0,20	1,0±0,0
14	2,74	62,24	14,46	13,37	5,00	2,00	0,20	3,5±0,7
15	2,00	74,95	5,00	10,85	5,00	2,00	0,20	5,0±1,7
16	15,00	64,54	7,71	5,55	5,00	2,00	0,20	1,0±0,0
17	6,99	57,16	8,65	20,00	5,00	2,00	0,20	1,0±0,0



Şekil 2.3. Kenger sakızı içeren şekersiz çiğnenebilir yumuşak şekerlemelere ait deneme formülasyonlarının üretim sonrası yüzey görünimleri

Ardından üretimi tamamlanan şekersiz denemelerin (17 deneme üretimi) panelistler tarafından (10 kişi, 5 kadın ve 5 erkek, 22-36 yaş aralığı) duyusal analizi yapılmıştır. Duyusal

analizde örneklerin ağızda "tamamen dağılabilirliği" esas alınmış ve ağızda dağılmayan tüm örneklere 1 puan verilmiştir, ağızda dağılan örnekler ise genel beğeni açısından 9 ölçekli hedonik skala ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Karışım Dizaynı programına girilmiş ve şekerli ürün grubunda bileşenlere dair ticari yumuşak şekerleme ürünlerine en yakın optimum formülasyon oranları elde edilmiştir.

2.2.4 Yumuşak Şekerlemelere Doğal Mavi Renklendirici (Fikosiyanin) Katılması

Çalışma kapsamında doğal renklendirici olarak kullanılan fikosiyanin (E18, nem < %8, pH = 6), şekerleme ürünlerine katılan renklendirici miktarı dikkate alınarak deneme amacıyla öncelikle geleneksel proses ile üretimi yapılan kontrol şekerleme hamuruna %0,1, %0,2, %0,3, %0,5 ve %0,8 (w/w) oranında çekme ve yoğurma işleminin bitiminden 1 dakika önce katılmış (yaklaşık 50°C) olup, çekme ve yoğurma işlemi tamamlanincaya kadar 1 dakika süreyle karıştırma işlemi yapılmıştır. Akabinde, %0,5 oranında yapılan fikosiyanin ilavesinin mavilik açısından yeterli koyuluğu sağladığı tespit edilerek üretimlerde %0,1, %0,3 ve %0,5 oranlarında sabit kalınmıştır. Kontrol grubundan farklı olarak kenger sakızlı şekerli ve şekerli yumuşak şekerleme ürünlerine proses değişikliğinin sağladığı avantaj sayesinde fikosiyanin ilavesi 40°C'de yapılmış olup, yine 1 dakika süreyle z-blade mikserde karıştırma işlemi uygulanmıştır.

2.2.5 Yumuşak Şekerlemelere Laktik Asit Bazlı Propolis Katılması

Kontrol örneğine ve kenger sakızlı şekerli-şekerli yumuşak şekerleme örneklerine %80'lik laktik asit kullanılarak ekstrakte edilen sıvı propolis; yapılan ön denemelerde pH düzeyini daha fazla arttırmamak için sitrik asit ilavesi yapılan kontrol şekerleme hamuruna öncelikle %0,5, %0,1, %2,5 ve %5 (w/w) oranında 55°C'de eklenmiş olup, ardından 1 dakika süreyle karıştırma işlemi yapılmıştır. Yapılan ön denemelerde %2,5 oranından daha fazla propolis ilavesinin ürün tekstürünü ve duyusalını olumsuz etkilediği tespit edilerek %0,5, %1 ve %2,5 (w/w) oranlarında sabit kalınmıştır. Geleneksel üretimle yapılan kontrol şekerleme hamuruna propolis ilavesi çekme ve yoğurma işleminin bitiminden 1 dakika önce yaklaşık olarak 50°C civarında yapılırken, tekstür ve duyusal açıdan optimum formülasyona sahip kenger sakızlı şekerli ve şekerli yumuşak şekerleme örneklerine propolis ilavesi ise proses değişikliğinin sağladığı avantaj sayesinde 40°C'de yapılmış ve yine 1 dakika süreyle z-blade mikserde karıştırma işlemi uygulanmıştır. Laktik asit bazlı sıvı propolis ilavesi yapılan şekerleme gruplarında ayrıca başka bir aroma katkısı yapılmamıştır.

2.2.6 Yumuşak Şekerlemelerin Ambalajlanması ve Depolanması

Üretilen tüm yumuşak şekerlemeler (1,5cm x 1,5cm x 0,5cm; 2,5 g), öncelikle fırın kağıdına sarılmış, ardından dış kısmı alüminyum folyo ile ambalajlanmıştır. Şekerlemeler son olarak ağzı fermuarlı polietilen poşetlere (polietilen, PE, 200G/50µ) koyulmuştur (Chavan vd., 2015). Fikosiyaninli örnekler, 20±2°C'de 5 ay, 4±2°C'de ve 40°C'de 3 ay süreyle muhafaza edilmiştir. Propolis içeren örnekler ise sadece 20±2°C'de 5 ay süreyle muhafaza edilmiştir.

2.2.7 Su Aktivitesi (a_w) Tayini

Fikosiyaninin renk üzerine olası etkilerini daha sık takip edebilmek amacıyla 20±2°C'de 5 ay depolanan örneklerin su aktivitesi değeri a_w metre (Decagon AquaLab, 4 TE) kullanılarak 0., 30., 60., 90., 120. ve 150. günlerde belirlenmiştir. 20±2°C'de 5 ay depolanan propolisli örneklerin su aktivitesi değeri ise 0., 75. ve 150. günlerde ölçülmüştür (AOAC 2000; Samsiah, Moey, Azizah ve Latifah, 2009).

2.2.8 pH Tayini

pH tayininde, yumuşak şekerleme örnekleri öncelikle kahve öğütücüsünde (Siemens MC23200) öğütme işlemine tabi tutularak homojen hale getirilmiştir. Bu işlemin ardından örnekler 1/10 oranında saf su ile seyreltilerek önceden kalibre edilmiş pH metre (Hanna Instruments, HI2211, USA) kullanılarak oda sıcaklığında sonuçlar kaydedilmiştir (Delgado ve Bañón, 2015; Verma, 2014). Analiz 2 tekerrürlü olacak şekilde fikosiyaninli örneklerde ilk gün, 20±2°C'de depolanan laktik asit bazlı propolisli örneklerde ise laktik asitten kaynaklanabilecek değişimi gözlemlemek amacıyla daha sık olmak kaydıyla 0., 75. ve 150. günlerde gerçekleştirilmiştir.

2.2.9 Renk Analizi

Kontrol (kenger sakızı ilavesiz), kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplara belirli oranlarda fikosiyanin doğal renk maddesi ilave edilerek üretilen tüm örneklerin renk değerleri Konica Minolta, CR-400 (Chroma Meter, Tokyo, Japan) renk ölçüm cihazı ile belirlenmiştir. Renk analizi, 20±2°C'de muhafaza edilen örneklerde 0., 30., 60., 90., 120. ve 150. günlerde, 4±2°C'de ve 40°C'de muhafaza edilen örneklerde ise 0., 15., 30., 45., 60., 75. ve 90. günlerde

yapılmıştır. 20±2°C'de muhafaza edilen propolisli örneklerde ise renk analizi 0., 75. ve 150. günlerde gerçekleştirilmiştir.

Analiz neticesinde farklı koşullarda depolanan tüm örneklerin L* (parlaklık), a* (± kırmızı-yeşil) ve b* (± sarı-mavi) değerleri ölçülmüştür. Ardından, elde edilen bu değerler kullanılarak örnekler için ΔE değerleri belirlenmiştir. ΔE değeri, iki renk arasındaki farkın ölçümüdür. Diğer bir ifadeyle, CIE (Commission Internationale de l'Eclairage, Uluslararası Aydınlatma Kurumu) L*a*b* renk düzleminde bulunan iki rengin (düzlemdeki iki noktanın) koordinatları arasındaki uzaklıktır. ΔE değeri ne kadar büyükse karşılaştırılan renklerin arasındaki fark da o kadar fazladır. CIE L*a*b* sistemine göre, iki renk arasındaki renk farkı Denklem 2.1'e göre hesaplanmaktadır (Pathare, Opara ve Al-Said, 2013);

$$\Delta E = \left[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \right]^{1/2} \quad (2.1)$$

2.2.10 Tekstür Analizi

Çalışma kapsamında üretilen tüm yumuşak şekerleme örnekleri, 3,5 ml'lik kaplara (1,5 cm çap ve 1,5 cm uzunluk) alınıp, silindirik paslanmaz çelik prob (P/2E, 2mm Dia Cylinder Stainless Extended, 2 mm çap ve 3,14 mm² temas alanı/contact area) içeren Tekstür Analiz Cihazı (TA.HDPlus, Stable Micro Systems) kullanılarak analiz edilmiştir.

Örnekler, 5 mm/s test hızı (test speed), 5 g (0,05 Newton) tetikleme kuvveti (trigger force), 3 mm derinlik ve birinci ile ikinci penetrasyon arasındaki gecikme 5 saniye olacak şekilde söz konusu prob ve 50 kg'lık yük hücresi (load cell) kullanılarak iki kez penetre edilmiş olup; uygulanan toplam iş, kuvvet-mesafe eğimi kullanılarak kayıt edilmiştir. Böylece hazırlanmış örneklerde sertlik (hardness), yapışkanlık (adhesiveness), kohesivlik (cohesiveness), çiğnenebilirlik (chewiness) ve elastiklik (resilience) gibi özellikler tespit edilmiştir (Altınok vd., 2020; Nishinari, Fang ve Rosenthal, 2019; Utomo, Darmawan, Hakim ve Ardi, 2014). 20±2°C'de muhafaza edilen fikosiyaninli örneklerde tekstür analizi, 0., 30., 60., 90., 120. ve 150. günlerde, propolisli örneklerde ise 0., 75. ve 150. günlerde tekrarlanmış ve tekstürel özelliklerin nasıl değiştiği gözlenmiştir. Analiz, her örnekten en az 5 tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır.

2.2.11 Duyusal Analiz

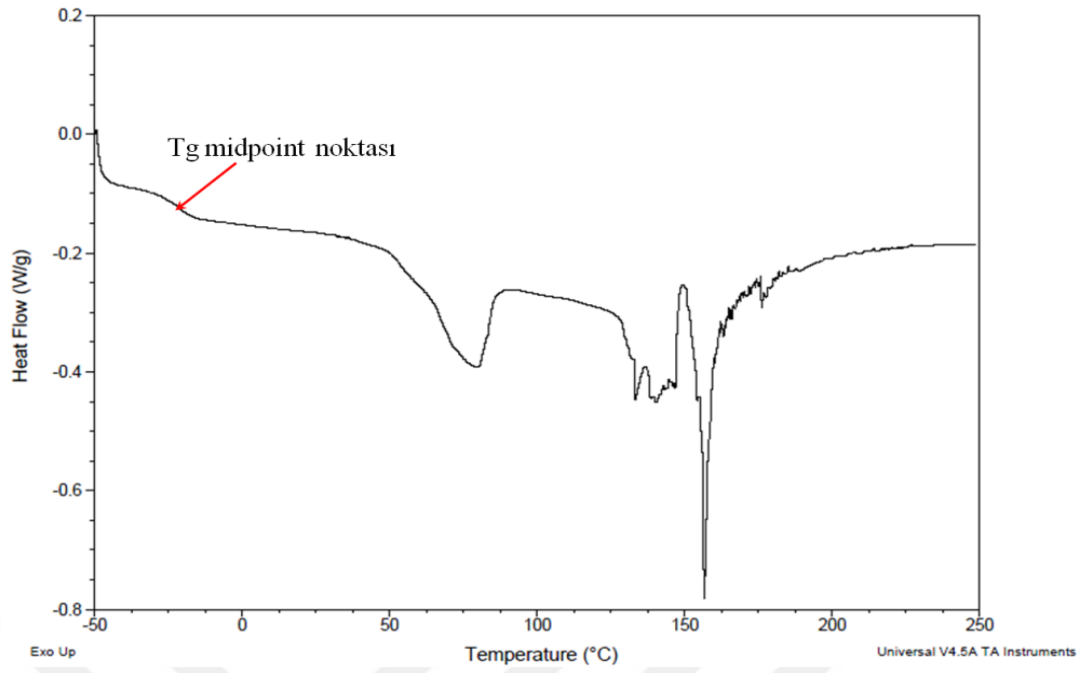
Yumuşak şekerleme örneklerinin duyusal analizinde fikosiyanin ve propolis içeren örneklerin renk beğenisi, tat, çiğnenebilirlik, sertlik, yapışkanlık ve genel beğeni parametreleri “Çoklu Kıyaslama Tekniği” ile incelenmiştir (Shah, Jones ve Vasiljevic, 2010). Analizlerde, 9 ölçekli hedonik skala kullanılmıştır. Skalada renk beğenisi, tat ve genel beğeni kriterleri için 1 = hiç beğenilmeyen, 9 = oldukça beğenilen olarak, sertlik için 1 = oldukça yumuşak (soft), 9 = oldukça sert (hard) olarak, çiğnenebilirlik için 1 = kolaylıkla çiğneniyor (weak), 9 = çiğnenmiyor (strong), yapışkanlık için ise 1 = yapışmıyor, 9 = oldukça yapışıyor şeklinde belirlenmiştir.

20±2°C'de muhafaza edilen örneklerin duyusal analizleri 10 kişilik panelist grubu tarafından (5 kadın ve 5 erkek, 22-36 yaş aralığı) 5 aylık depolama süresi boyunca fikosiyanin ilaveli renkli örneklerde 0., 30., 60., 90., 120. ve 150. günlerde, propolis ilaveli örneklerde ise 0., 75. ve 150. günlerde gerçekleştirilmiştir. Duyusal sertlik-yapışkanlık sonuçları tekstürel analiz sertlik-yapışkanlık sonuçlarıyla kıyaslanmış ve olası korelasyonlar belirlenmiştir. Depolama süresince genel beğenin kontrol ve kenger sakızlı şekerli-şekersiz örnekler için nasıl değiştiği incelenmiştir.

2.2.12 DSC Analizi

Camsı geçiş sıcaklığı (T_g) genellikle depolama sırasında düşük su içeriğine sahip gıdaların stabilitesi açısından kritik bir parametredir (Roos, 2010). Çalışma kapsamında üretimi yapılan fikosiyaninli örnekler ve laktik asit bazlı propolis ilaveli örneklerin tümünde camsı geçiş sıcaklığı Tau ve Gunesekaran (2016) tarafından uygulanan metot modifiye edilerek DSC cihazı (TA Q20, USA) ile belirlenmiştir.

Yaklaşık olarak 5-7 mg örnek DSC pan'lerine konulduktan sonra hermetik kapak ile preslenmiştir. Daha sonra örnekler -50°C'de 5 dakika bekletilip ardından sıcaklık -50°C'den 250°C'ye 5°C/dakika artış hızı ile arttırılmıştır. 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilen analiz sonucunda, örneklerle ait camsı geçiş sıcaklığı (T_g midpoint) belirlenmeye çalışılmıştır. Şekil 2.4'te kenger sakızlı şekersiz gruba ait örneklerde elde edilen bir termogram üzerinde camsı geçiş sıcaklığının belirlenmesine yönelik temsili bir örnek verilmiştir.



Şekil 2.4. Fikosiyanin içeren kenger sakızlı şekerless örneklerle ait bir termogram örneği

2.2.13 İstatiksel Analizler

Analiz çalışmaları sonucunda elde edilen veriler Windows tabanlı SPSS 17.0.1 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) istatistik paket programı kullanılarak gruplar arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığı tek yönlü ANOVA Tukey testi ile belirlenmiştir ($p < 0,05$).

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1 Kenger Sakızlı Şekerli ve Şekersiz Örneklerin Üretim Optimizasyon Sonuçları

Araştırmamızda, optimum kenger sakızı içeren şekerli ve şekersiz yumuşak şekerlemelerin bileşimi sırasıyla Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Optimize edilmiş kenger sakızı içeren şekerli çiğnenebilir yumuşak şekerleme formülasyonu

Kenger Sakızı (g/100 g)	Pudra Şekeri (g/100 g)	Glikoz şurubu (g/100 g)	Squalen (g/100 g)	Aroma (g/100 g)
2,16	46,72	48,92	2,00	0,20

Çizelge 3.2. Optimize edilmiş kenger sakızı içeren şekersiz çiğnenebilir yumuşak şekerleme formülasyonu

Kenger Sakızı (g/100 g)	İzomalt (g/100 g)	Toz Sorbitol (g/100 g)	Maltitol Şurubu (g/100 g)	Ksilitol (g/100 g)	Squalen (g/100 g)	Aroma (g/100 g)
2,00	55,81	15,00	19,99	5,00	2,00	0,20

Araştırmamızın ilk kısmını oluşturan kenger sakızının yumuşak şekerleme üretiminde kullanımına dair yaptığımız optimizasyon çalışmalarında, şekerli ve şekersiz formülasyon için kenger sakızı kullanım miktarı sırasıyla 2,16 g/100 g ve 2,00 g/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.1 ve 3.2).

Elde edilen sonuçlara göre yumuşak şekerleme bileşiminde kenger sakızı kullanılarak jelatinin ikamesi başarılı bir şekilde tamamen gerçekleştirilmiş olup, ticari toffee hamuru (kontrol) örneği ile birlikte optimize edilen kenger sakızlı şekerli ve şekersiz toffee hamurlarının görüntüsü Şekil 3.1'de verilmiştir.

Çalışmamızda ayrıca, klasik üretim prosesinden farklı olarak, optimize edilen şekerli ve şekersiz ürün bileşiminde yer alan tüm bileşenler z-blade mikserde tek seferde karıştırılarak sabit bir sıcaklıkta (120°C) 40 dakika gibi kısa bir sürede uygun su aktivitesi değerine getirilip, yepyeni bir yumuşak şekerleme ürününün üretimi mevcut kılınmıştır.



Şekil 3.1. Sırasıyla; ticari kontrol toffee hamuru örneği (i), optimize edilmiş kenger sakızlı şekerli toffee hamuru örneği (ii), optimize edilmiş kenger sakızlı şekersiz toffee hamuru örneği (iii)

Yeni üretim tekniğinde; jelatin, pektin ve nişasta benzeri bir hidrokolloid kullanılmadığı için, klasik yöntemde olduğu gibi önceden sulu bir ortamda jel sistemi oluşturma ve ardından bunun şeker şurubuyla karıştırılıp pişirme işlemiyle fazla neminin giderilmesi aşamalarına gerek yoktur. Diğer yandan, çalışma kapsamında tasarlanan laboratuvar tipi z-blade mikser sayesinde, farklı bir ekipmana gerek kalmadan ürün hamuru piştikten sonra çekme işlemi (pulling) de yapılabilmektedir. Ayrıca, çalışmamızda izomalt, maltitol şurubu, sorbitol ve ksilitol kullanılarak şeker içermeyen (şekersiz, sugar-free) ürün formülasyonu da optimize edilmiştir. Tüm bu avantajlar göz önünde bulundurularak üretim prosesi incelendiğinde, üretim sonrası şekerlemelerin olgunlaştırılması için herhangi bir ekstra iş gücüne, bekleme yerine ve süresine gerek yoktur, bu bakımdan klasik yöntemler ile karşılaştırıldığında süre ve enerji tasarrufu açısından uyguladığımız yeni yöntemin sahip olduğu potansiyel avantajlar öne çıkmaktadır.

Tüm bunlara ilave olarak, yeni proseste, üretim süresi sonunda formülasyonda herhangi bir fonksiyonel bileşen kullanılmayacaksa, şekerleme hamurunun sıcaklığı 70°C'ye getirilerek çeşitli aroma ve renk maddelerinin ilavesi yapılabilir niteliktedir. Aynı zamanda, sıcaklık 35-40°C aralığına düşürülerek, ısıya karşı duyarlı çeşitli doğal renk maddelerinin, aromaların veya fonksiyonel bileşenlerin ilavesi ile tüketicilerin talep ettiği fonksiyonel ürünlerin üretimi de gerçekleştirilebilir. Bu doğrultuda, çalışmamızda üretilen ürünlerin fonksiyonel bileşenler ile zenginleştirilmesi kısmında; kengerli şekerli ve şekersiz yumuşak şekerleme hamuruna doğal mavi renk (fikosiyanın) ile laktik asit bazlı sıvı propolis ilavesi yapılmış olup üretilen son ürünlerde çeşitli kalite analizleri yürütülmüş ve elde edilen sonuçlar kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır.

Bilindiği üzere yumuşak şekerlemeler, kullanılan hidrokolloid türü ve miktarına bağlı olarak farklı dokusal özelliklere sahip geniş bir ürün yelpazesini kapsamaktadır (Hartel vd., 2018a). Jelatin, şekerleme endüstrisinde farklı karakteristiğe sahip yumuşak şekerlerin üretiminde en çok tercih edilen hidrokolloidlerden biridir ve vücut sıcaklığına yakın suda termal olarak geri dönüşümlü jeller oluşturabilen, ticari açıdan oldukça önemli hayvansal orijinli doğal bir proteindir (Mohos, 2010). Yumuşak şekerleme ürünlerine eşsiz bir tekstür ve duysal özellik kazandıran jelatin jelinin en önemli üstünlüklerinden biri "ağızda erime" özelliğidir (Haug, Draget ve Smidsrød, 2004). Jelatin, kontrollü asit veya alkali hidroliz yoluyla kolajenden elde edilir ve genelde kullanılan kolajen sığı (inek), domuz veya balık kökenli olup hayvansal dokulardan deri, kemik, tendon ve kıkırdakta ana bileşen olarak bulunur (Burey vd., 2009). Farklı sektörlerde kullanımı oldukça yaygın olan jelatin, günümüzde üretimi daha kolay, hızlı ve ucuz olduğu için genellikle domuz derisinden elde edilmektedir (Karim ve Bhat, 2009). Diğer yandan, neredeyse bir asırdır endüstriyel ölçekte yoğun bir şekilde üretilen ve şekerleme ürünlerinde maksimum seviyede kullanılan jelatinin, yakın zamanda tüketiciler ve benzer şekilde üreticiler nezdinde giderek modası geçmektedir. Bu değişikliğin nedenleri arasında, inançsal faktörler, diyetel tercihler (vejetaryen ve vegan gruplar), sığı veya domuz kaynaklarından elde edilen jelatinin viral veya diğer enfeksiyonlar ile birlikte özellikle sığı spongiform ensefalopatisi (Bovine Spongiform Encephalopathy, BSE) kontaminasyon riski taşıması gibi sağlık endişeleri yer almaktadır. Bu nedenlerden dolayı, yumuşak şekerleme formülasyonunda jelatinin kısmen veya tamamen ikamesini konu alan çeşitli araştırmalar yapılmış olup, bu konudaki eğilim halen devam etmektedir (Koh, Jiang, Kasapis ve Foo, 2011). Elde edilen sonuçlara gör, özellikle nişasta ve pektin gibi bitkisel kaynaklı hidrokolloidler ve bunların farklı ajanlarla kombinasyonları üretimde başarıyla kullanılabilir. Çekme işleminin uygulandığı toffee tipi yumuşak şekerlemelerde kullanılan stabilizatörler arasında genellikle jelatin (%1-3), soya proteini (%1-1,5), yumurta albümini (%1-1,5) ve benzerleri yer almaktadır (Hartel vd., 2018a).

Günümüzde jelatin içermeyen yumuşak şekerleme üretimi mevcut olsa da, bu tür ürünlerin üretiminde kullanılan proses konvansiyonel halini korumaktadır. Klasik üretimde genel olarak yüksek ısı işlem (120-125°C) kullanılması (De Avelar vd., 2020; Mohos, 2010; Wang, 2017), yumuşak şekerleme kategorisinde formülasyona ısıl stabilitesi düşük olan çeşitli bileşenlerin ilave edilmesini kısıtlamaktadır. Diğer yandan, pişirme işlemi sonrasında karışımın sıcaklığının 55-60°C'ye düşürülmesi, yüksek viskoziteden dolayı ürüne ilave

edilmesi planlanan bileşenlerin homojen dağılımını engelleyici niteliktedir. Bu bakımdan, söz konusu teknolojiye özellikle fonksiyonel yumuşak şekerleme üretimine olanak sağlayacak yeni formülasyon çalışmalarının, aynı zamanda maliyeti de düşürecek üretim tekniklerinin geliştirilmesinin oldukça önemli olduğu ve bu konuda tespit edilecek yeni gelişmelerin sektöre katkı sunup yeni dengeler getireceği ifade edilebilir. Bu doğrultuda, Cappa, Lavelli ve Mariotti (2015) tarafından yapılan çalışmada farklı partikül boyutunda üzüm kabuğu tozu ile zenginleştirilmiş pektin katkılı yumuşak şekerlemelerin fiziko-kimyasal özellikleri incelenmiştir. Şarap üretiminde yan ürün olarak açığa çıkan ve yüksek oranda lif içeren üzüm kabukları ile yapılan takviyenin şekerlemelerin antosiyanin, flavonol ve prosiyanidin içeriğini arttırdığı ve bu durumun da ürünlerin antioksidan aktivitesini olumlu yönde katkıda bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, formülasyona dahil edilen üzüm kabuğu tozlarının ürünlerin mikro ve makro yapısını değiştirdiği ancak tekstürel özellikler ile ürünün kabul edilebilirliği üzerinde olumsuz etki yaratmayıp daha sıkı bir yapı kazandırdığı görülmüştür. Üzüm kabuğu tozları ile zenginleştirilmiş meyveli şekerlemelerin, 60 g/kg'dan daha fazla lif içerdiği ve üretilen ürünlerin "lif bakımından yüksektir" şeklinde etiketlenebileceği belirtilmiştir. Diğer yandan, araştırma sonucunda üzüm kabuğu tozu ilavesinin üretim süresini 3 saat azaltarak enerji tasarrufu üzerinde net bir etkisinin olduğu da beyan edilmiştir. Son olarak, standart üretimde ürün formülasyonuna katkılanan çeşitli meyve pürelerinin daha düşük maliyetli bir yan ürün ile değiştirilebileceği ve söz konusu katkının insan sağlığı açısından oldukça faydalı bileşikleri içermesi bakımından şekerleme endüstrisinde kullanımına ilişkin önemli bir potansiyel ihtiva ettiği vurgulanmıştır (Cappa vd., 2015). Yakın zamanda ise yumuşak şekerleme üretiminde ihtiyaç duyulan enerji gereksiniminin ve emisyonların azaltılmasını amaçlayan soğuk tip jelleşme yöntemi (cold set gelation), geleneksel prosese bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Ancak bu konuda yapılan çalışmalar henüz laboratuvar ölçekli olup, soğuk tip jelleşme tekniğinin sürdürülebilirlik potansiyelinin ve endüstriyel hatlara uygulanabilirliğinin geniş çaplı analiz edilmesi gerekmektedir (De Avelar ve Efraim, 2020; De Avelar vd., 2020).

3.2 Su Aktivitesi Sonuçları

3.2.1 Fikosiyaninli Örneklerin Su Aktivitesi (a_w) Analizi Sonuçları

Çizelge 3.3'te fikosiyanin içeren yumuşak şekerleme örneklerinin depolama süresi boyunca aylık periyotlar ile su aktivitesi sonuçları verilmiş olup, bunlar incelendiğinde en

yüksek a_w değerlerinin kenger sakızlı şekerli örneklerde (0,6388-0,4907) olduğu, bu gruptaki örnekleri sırasıyla kontrol grubunda yer alan örneklerin (0,5957-0,4693) ve kenger sakızlı şekersiz grupta yer alan örneklerin (0,5570-0,4358) takip ettiği tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Fikosiyanın içermeyen örneklerden başlandığı takdirde; kontrol (K F0), kenger sakızlı şekerli (ŞLİ F0) ve kenger sakızlı şekersiz (ŞSİZ F0) örneklerin ilk gün (0. gün) ve 150. günlerdeki a_w değerleri sırasıyla 0,5957-0,4824; 0,6388-0,4959 ve 0,5517-0,4593 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.3. Fikosiyanınli yumuşak şekerleme örneklerinin su aktivitesi değerleri

a_w değeri (25°C)						
ÖRNEK	0. gün	30. gün	60. gün	90. gün	120. gün	150. gün
K F0	0,5957 $\pm 0,0013^{Da1}$	0,5785 $\pm 0,0007^{Eb1}$	0,5565 $\pm 0,0018^{Ec1}$	0,5361 $\pm 0,0013^{Dd1}$	0,5085 $\pm 0,0014^{De2}$	0,4824 $\pm 0,0011^{Df1}$
K F0,1	0,5812 $\pm 0,0016^{Fa3}$	0,5613 $\pm 0,0010^{Gb3}$	0,5388 $\pm 0,0013^{Gc3}$	0,5278 $\pm 0,0009^{Ed2}$	0,5005 $\pm 0,0003^{Ee3}$	0,4744 $\pm 0,0008^{Ff2}$
K F0,3	0,5745 $\pm 0,0010^{Ga4}$	0,5573 $\pm 0,0014^{Hb4}$	0,5297 $\pm 0,0020^{Hc4}$	0,5155 $\pm 0,0009^{Fd4}$	0,4918 $\pm 0,0015^{Fe4}$	0,4693 $\pm 0,0018^{Gf3}$
K F0,5	0,5886 $\pm 0,0020^{Ea2}$	0,5689 $\pm 0,0016^{Fb2}$	0,5428 $\pm 0,0017^{Fc2}$	0,5242 $\pm 0,0014^{Ed3}$	0,5159 $\pm 0,0021^{Be1}$	0,4788 $\pm 0,0010^{Ef1}$
ŞLİ F0	0,6388 $\pm 0,0019^{Aa1}$	0,6019 $\pm 0,0017^{Ab1}$	0,5875 $\pm 0,0021^{Ac1}$	0,5595 $\pm 0,0014^{Ad1}$	0,5193 $\pm 0,0018^{Ae1}$	0,4959 $\pm 0,0015^{Bf1}$
ŞLİ F0,1	0,6314 $\pm 0,0015^{Ca3}$	0,5905 $\pm 0,0013^{Cb3}$	0,5749 $\pm 0,0020^{Cc3}$	0,5431 $\pm 0,0011^{Cd3}$	0,5035 $\pm 0,0016^{Ee4}$	0,4907 $\pm 0,0012^{Cf2}$
ŞLİ F0,3	0,6297 $\pm 0,0010^{Ca3}$	0,5863 $\pm 0,0019^{Db4}$	0,5714 $\pm 0,0018^{Dc4}$	0,5524 $\pm 0,0013^{Bd2}$	0,5082 $\pm 0,0020^{De3}$	0,4977 $\pm 0,00014^{ABf1}$
ŞLİ F0,5	0,6345 $\pm 0,0013^{Ba2}$	0,5939 $\pm 0,0015^{Bb2}$	0,5796 $\pm 0,0023^{Bc2}$	0,5558 $\pm 0,0016^{ABd12}$	0,5124 $\pm 0,0009^{Ce2}$	0,4992 $\pm 0,0011^{Af1}$
ŞSİZ F0	0,5517 $\pm 0,0016^{Ia2}$	0,4759 $\pm 0,0011^{Ib1}$	0,4458 $\pm 0,0014^{Id1}$	0,4151 $\pm 0,0018^{Gf1}$	0,4334 $\pm 0,0012^{Ge1}$	0,4593 $\pm 0,0007^{Hc1}$
ŞSİZ F0,1	0,5471 $\pm 0,0012^{Ja3}$	0,4591 $\pm 0,0008^{Jb2}$	0,4394 $\pm 0,0023^{Jc2}$	0,4030 $\pm 0,0020^{Je3}$	0,4234 $\pm 0,0008^{Id3}$	0,4411 $\pm 0,0002^{Jc3}$
ŞSİZ F0,3	0,5570 $\pm 0,0014^{Ha1}$	0,4454 $\pm 0,0019^{Lb4}$	0,4389 $\pm 0,0021^{Jc2}$	0,4104 $\pm 0,0024^{GHe12}$	0,4275 $\pm 0,0006^{Hd2}$	0,4445 $\pm 0,0010^{Ib2}$
ŞSİZ F0,5	0,5523 $\pm 0,0017^{Ia2}$	0,4545 $\pm 0,0014^{Kb3}$	0,4263 $\pm 0,0026^{Kd3}$	0,4063 $\pm 0,0005^{HIf23}$	0,4191 $\pm 0,0011^{Je4}$	0,4358 $\pm 0,0009^{Kc4}$

Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı satırda aynı küçük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı örnek grubu içinde aynı üssel rakama sahip sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

K: Kontrol; ŞLİ: Şekerli; ŞSİZ: Şekersiz; F: Fikosiyanın; 0, 0,1, 0,3, 0,5: Fikosiyanın katkı yüzdesi.

İlk günlük analiz sonuçlarına göre, kontrol ve kenger sakızlı şekerli gruplarda fikosiyanın ilavesinin örneklerin su aktivitesini düşürdüğü, kenger sakızlı şekersiz grupta ise özellikle %0,3 ve %0,5 (w/w) oranında kullanılan fikosiyanın miktarının örneklerin su aktivitesini arttırdığı gözlenmekle birlikte, fikosiyanın ilavesinin su aktivitesi üzerinde belirli

bir trend doğrultusunda (doğrusal artış veya azalış) farklılık oluşturmadığı ifade edilebilir. Kenger sakızı içeren şekerli grupta yer alan tüm örneklerin ilk üretim sürecinden depolama süresi sonuna doğru gidildiğinde ise a_w değerlerinin azaldığı görülmekte olup, bu durum örneklerin depolama süresince nem kaybettiğini göstermektedir. Kenger sakızı içeren şekersiz örneklerde ise son iki ayda (120. ve 150. günlerde) renkli (ŞSİZ F 0,1, F 0,3 ve F 0,5) ve renksiz (ŞSİZ F0) tüm örneklerin nem kazanarak su aktivitesi değerlerinde bir artış olduğu görülmektedir.

Yumuşak şekerlemelerde ürünün nihai nem içeriği, yalnızca kalite üzerinde değil, aynı zamanda raf ömrü üzerinde de önemli bir etkiye sahiptir. Ancak, ürün kalitesinin ve raf ömrünün tam olarak karakterize edilmesinde nem içeriği tek başına yeterli olmayabilir. Bu bakımdan, su aktivitesi (a_w) ve denge bağıl nemi (%ERH = $100 \times a_w$), depolama sırasında mikrobiyal stabilitenin, ürün tekstürünün ve nem migrasyonunun belirlenebilmesinde sıklıkla kullanılan diğer önemli parametrelerdir (Ergun, Lietha ve Hartel, 2010; Subramaniam, 2016). Söz konusu ürünlerin su aktivitesi değerleri genel olarak yumuşak veya sertlik durumlarına göre 0,45-0,60 arasında olup bu seviyeler mikrobiyal gelişim ve bunun neden olduğu bozulmalar için kritik değerlerin altındadır (Ergun vd., 2010). Çizelge 3.3'te fikosiyaninli çalışma grubunda yer alan tüm örneklerin su aktivitesi değerlerinin, kenger sakızlı şekerli örneklerde ilk gün hariç olmak üzere, 5 aylık depolama süresince mikrobiyal bozulma açısından kritik değerlerin altında olduğu görülmektedir. Üretim açısından bakıldığında, formülasyonda kullanılan bileşenlerin çözünürlük, kaynama noktası, moleküler ağırlık gibi özelliklerinin her birinin su aktivitesi üzerinde etkisi vardır. Örneğin, doğal meyve suları veya değişken pH'lı posaların üretimde kullanımı yüksek su aktivitesi değerleri veya nem migrasyonu ile ilgili sorunlara yol açabilir. Bu nedenle, yüksek kaliteli ve uzun raf ömrüne sahip yumuşak şekerleme ürünleri üretmek için ürün nemini kontrol etmek oldukça önemlidir. (Cano-Lamadrid vd., 2020; Hartel vd., 2018a). Bu çerçeveden bir değerlendirme yapıldığı takdirde; toffee tipi yumuşak şekerleme ürünlerinde doğal mavi renk amacıyla fikosiyanin kullanımı ürünlerin su aktivitesi değerlerinde olumsuz bir durum yaratmamıştır. Üretimimizde z-blade mikser kullanımı sayesinde fikosiyanin ilavesinin toz halinde üretime dahil edilebilmesi sağlanmış olup, bu durum üretilen ürünlerde depolama süresi boyunca su aktivitesi değerlerinin kritik limitlerin dışına çıkmasını önlemiştir. Diğer yandan, kenger sakızı kullanımının da ürünlerin su aktivitesi değerlerinde herhangi bir olumsuz durum oluşturmadığı görülmüştür. Ancak, şekersiz grupta ürün bileşiminde higroskopitesi yüksek

olan sorbitol ve maltitol şurubu gibi tatlandırıcıların kullanımına bağlı olarak 120. ve 150. günlerde ürünlere nem migrasyonu nedeniyle su aktivitesi değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir.

Konuyla ilgili benzer ürün çalışmalarına bakıldığında; çilek aromalı ve farklı modellerdeki yumuşak şekerleme ürünlerinde aroma salımının incelendiği bir çalışmada, Piccone, Rastelli ve Pittia (2011) havalandırılmış (aerated) jelatin kullanılarak üretilen yumuşak şekerleme grubunda yer alan örneklerin su aktivitesini 0,696 olarak tespit etmişlerdir. Da Silva vd. (2016a), çekme işleminin uygulandığı ve şekerli-şekersiz olarak ürettikleri yumuşak şekerlemelere Brezilya'ya özgü ve fenolik bileşikler açısından oldukça zengin bir tropikal meyve olan açai (*Euterpe oleracea* Mart.) meyvesinin püskürterek (spray-drying) kurutulmuş tozunu katarak formülasyon zenginleştirmesi yapmışlardır. Şekerli grup ile maltitol, izomalt, ksilitol ve eritritol kullanılarak üretilen şekersiz grupta açai meyvesinin püskürterek kurutulmuş tozu şekerlemelere %10,4 (w/w) oranında ve üretimin soğutma ve çekme aşamasında (45-50°C) formülasyona dahil edilmiştir. Üretim sonrası örneklerde yapılan analizlerde şekerli ve şekersiz gruptaki örneklerin su aktivitesi değerleri sırasıyla 0,63 ve 0,49 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan hareketle çeşitli poliollerin kullanıldığı şekersiz gruptaki örneklerin a_w değerlerinin şekerli gruba göre daha düşük olması, bu çalışmada elde edilen sonuçlar açısından da benzerlik göstermektedir. Aynı çalışma grubunun yaptığı farklı bir çalışmada Da Silva vd. (2016b); aynı meyvenin farklı formlarını (dondurulmuş ve çözündürülmüş pulpunu, dondurularak kurutulmuş (freeze-drying) tozunu ve püskürterek kurutulmuş tozunu) üretimde kullanmışlar ve üretilen ürünlerin ilk günkü ve 25°C'de 6 ay depolama süresi sonundaki çeşitli özelliklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, açai meyvesinin bu farklı formlarını (%5, w/w), üretimin farklı aşamalarında, sadece dondurulmuş olan formunu çözündürdükten sonra fazla neminin giderilmesi için pişirme işleminin 21. dakikasında şekerleme hamuru sıcaklığı 130°C'de iken, dondurularak ve püskürterek kurutulmuş tozlarını ise soğutma ve çekme işlemi aşamasında (45-50°C) üretime dahil etmişlerdir. Yapılan araştırmada, hem renklendirici hem de fonksiyonel özelliklerinden yararlanmak amacıyla açai meyvesinin farklı formlarının yumuşak şekerlemelerde kullanımı, ürünlerin su aktivitesi değerlerini olumsuz yönde etkilememiş olup, üretilen ürünlerde ilk günkü a_w değerleri dondurulmuş ve çözündürülmüş pulpun kullanıldığı grupta 0,49, dondurularak ve püskürterek kurutulmuş meyve tozlarının kullanıldığı gruplarda ise sırasıyla 0,47 ve 0,49 olarak tespit edilmiştir. Depolama süresi sonunda ise a_w değerlerinin tüm

gruplarda yine aynı sırayla 0,50, 0,50 ve 0,51 olduğu belirlenmiş ve söz konusu değişikliğin istatistiksel açıdan önemli bir farklılık oluşturmadığı ($p<0,05$) dolayısıyla örneklerin nem değerlerinin yüksek bir stabilite gösterdiği vurgulanmıştır. Başka bir çalışmada Thanusan, Tharmaratnam ve Gunathilake (2018), palmyra ve ananas meyvesi karışımı kullanarak sert ve yumuşak şekilde iki farklı tekstürde ürettikleri toffee tipi yumuşak şekerleme ürünlerinin su aktivitesi değerlerini sırasıyla 0,41 ve 0,56 olarak tespit etmişlerdir.

Fikosiyenin ilavesinin şekerlemelerde doğal renklendirici olarak kullanımına dair örnek oluşturması bakımından, Dewi, Kurniasih ve Purnamayati (2018) mikroenkapsüle ettikleri fikosiyenin renk maddesini 100 ml su ile seyrelterek farklı konsantrasyonlarda (%0, %1, %3 ve %5) jelly tipi yumuşak şekerlemelerin üretimine dahil etmişlerdir. Yapılan araştırmada toffee tipi yumuşak şekerlemelerden farklı karakteristikte olan analiz örneklerinin a_w değerleri %0, %1, %3 ve %5 oranındaki fikosiyenin kullanımına bağlı olarak sırasıyla 0,863, 0,869, 0,875 ve 0,879 şeklinde tespit edilmiştir. Söz konusu araştırmada, jelly tipi yumuşak şekerlemelerin fikosiyenin kullanımına paralel olarak a_w değerlerindeki bu artışa, fikosiyenin ısıya karşı hassasiyetinden dolayı üretim aşamasında düşük sıcaklığın uygulanması ve buna bağlı olarak ortamdaki fazla nemin uzaklaştırılamamasının sebep olduğu belirtilmiştir. Öte yandan, yüksek pişirme sıcaklığının formülasyondaki şeker varlığı nedeniyle de renkte ekstra bir değişime neden olacağı vurgulanmıştır.

3.2.2 Propolisli Örneklerin Su Aktivitesi (a_w) Analizi Sonuçları

Çizelge 3.4'te laktik asit bazlı propolis içeren yumuşak şekerleme örneklerinin 5 aylık depolama süresi boyunca 0., 75. ve 150. günlerdeki su aktivitesi sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre, en düşük su aktivitesi değerleri kenger sakızlı şekersiz örneklerde tespit edilmiş olup ($p<0,05$), tüm gruplarda yer alan örneklere %0,5, %1 ve %2,5 (w/w) oranlarında propolis ilavesinin örneklerin su aktivitesi değerlerini arttırdığı belirlenmiştir ($p<0,05$). Örneğin, propolis içermeyen kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerde ilk günkü su aktivitesi değerleri sırasıyla $0,6210\pm0,0016$, $0,6197\pm0,0019$ ve $0,5226\pm0,0012$ olarak kaydedilirken, örneklere en yüksek oranda ilave edilen sıvı propolis (%2,5) bu değerlerin sırasıyla $0,6315\pm0,0009$, $0,6290\pm0,0007$ ve $0,5313\pm0,0004$ olarak artmasına neden olmuştur. Diğer yandan, her 3 grupta yer alan tüm örneklerde ilk üretim sürecinden depolama süresi sonuna doğru gidildiğinde su aktivitesi (a_w) değerlerinin azaldığı görülmekte olup, bu durum örneklerin depolama süresince nem kaybettiğini göstermektedir.

Çizelge 3.4. Propolisli yumuşak şekerleme örneklerinin su aktivitesi değerleri

a_w değeri (25°C)			
ÖRNEK	0. gün	75. gün	150. gün
Kontrol P0	0,6210±0,0016 ^{EFa4}	0,5415±0,0007 ^{EB3}	0,5203±0,0013 ^{EC3}
Kontrol P0,5	0,6247±0,0007 ^{CDa3}	0,5452±0,0010 ^{CDb2}	0,5251±0,0013 ^{CDc23}
Kontrol P1	0,6276±0,0007 ^{BCa2}	0,5470±0,0004 ^{BCb2}	0,5286±0,0006 ^{BCc12}
Kontrol P2,5	0,6315±0,0009 ^{Aa1}	0,5503±0,0008 ^{Ab1}	0,5332±0,0040 ^{Ac1}
Şekerli P0	0,6197±0,0019 ^{Fa3}	0,5381±0,0007 ^{Fb4}	0,5186±0,0005 ^{Ec4}
Şekerli P0,5	0,6230±0,0010 ^{DEa2}	0,5427±0,0008 ^{DEb3}	0,5218±0,0010 ^{DEc3}
Şekerli P1	0,6257±0,0007 ^{CDa2}	0,5455±0,0010 ^{CDb2}	0,5247±0,0008 ^{CDc2}
Şekerli P2,5	0,6290±0,0007 ^{ABa1}	0,5484±0,0011 ^{ABb1}	0,5294±0,0006 ^{ABc1}
Şekersiz P0	0,5226±0,0012 ^{Ia3}	0,4827±0,0023 ^{Ib4}	0,4644±0,0012 ^{Ic4}
Şekersiz P0,5	0,5245±0,0011 ^{Ia3}	0,4867±0,0005 ^{Ib3}	0,4670±0,0005 ^{HIc3}
Şekersiz P1	0,5278±0,0003 ^{Ha2}	0,4906±0,0006 ^{Hb2}	0,4705±0,0004 ^{FGc2}
Şekersiz P2,5	0,5313±0,0004 ^{Ga1}	0,4959±0,0007 ^{Gb1}	0,4738±0,0008 ^{Fc1}

Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı satırda aynı küçük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı örnek grubu içinde aynı üssel rakama sahip sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

P: Propolis; 0, 0,5, 1, 2,5: Propolis katkı yüzdesi.

Literatürdeki örnekler incelendiğinde, arı ürünlerinin özellikle çeşitli hidrokolloidlerin/gumların kullanıldığı jelly tipi yumuşak şekerlemelere ilave edildiği görülmektedir. Bu kapsamda, Rivero vd. (2020)'nin sağlık açısından şeker yerine bal (%68,7) ve etanollü propolis ekstraktı (%7,3) ilave ederek ürettikleri jelatin bazlı yumuşak şekerleme örneklerinin su aktivitesi değerini 0,700±0,004 olarak tespit etmişler ve depolama periyodunca (25°C, 90 gün) bu değerde önemli değişiklikler görülmediği belirtilmiştir. Aynı ürün grubunda Mutlu vd. (2018) tarafından yapılan başka bir çalışmada, meyve suyu ve bal gibi inovatif içerikler ile birlikte farklı tekniklerle üretilen jelly tipi yumuşak şekerlemelerin su aktivitesi değerleri 0,70-0,75 arasında bulunmuştur. Daha önce değinildiği gibi toffee tipi ürünlerde ise özellikle çeşitli meyve suları, püre veya toz formları kullanılarak zenginleştirme işlemi yapılmıştır. Bu ürün grubuna bakıldığında, Samsiah vd. (2009) Noni meyvesinin (*Morinda citrifolia*) suyunu doğrudan ve toz formda olacak şekilde ürün formülasyonunda kullanmışlar (%5) ve bu şekilde ürettikleri örneklerde çeşitli analizler gerçekleştirmişlerdir. Bu doğrultuda, çalışma kapsamında üretilen tüm şekerlemelerin 6 aylık depolama süresi boyunca su aktivitesi değerlerinin 0,388-0,630 arasında olduğu tespit edilmiştir. Nitekim,

çalışmamız kapsamında propolis ilavesi yaptığımız tüm ürünlerde de tespit ettiğimiz su aktivitesi değerleri toffee tipi yumuşak şekerlemeler için belirtilen kritik limitlere uygun olup, literatürdeki çeşitli çalışma sonuçlarıyla da uyumluluk göstermektedir.

3.3 pH Analizi Sonuçları

3.3.1 Fikosiyanınli Örneklerin pH Değerleri

Gıda katkı maddesi olarak kullanılan çeşitli asitlerin, yumuşak şekerleme ürünlerinde özellikle tat modifikasyonu, sakkaroz inversiyonu, jelleşme mekanizmasını etkileme ve ürünü bozulmalara karşı koruma gibi önemli rolleri bulunmaktadır. Özellikle jelly tipi yumuşak şekerlemelerde iyonik kuvvet ve pH, jel oluşumu üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir (Burey vd., 2009), bu nedenle stabiliteyi sağlamak için pH'ı kontrol etmek ve uygun asitlik seviyelerini korumak oldukça önemlidir (Jarrett, 2012). Toffee tipi yumuşak şekerlemelerin üretiminde ise çeşitli organik asitlerin kullanımı özellikle meyve aromalı ürünlerde aroma algısını arttırmaktadır. Aynı zamanda ürünün pH düzeyi üretimde kullanılan yüzey aktif maddelerin ve köpük stabilizatörlerinin fonksiyonları üzerinde de oldukça etkilidir (Hartel vd., 2018a). Üretimde genel olarak sitrik asit, malik asit, tartarik asit, askorbik asit, fumarik asit, laktik asit veya bunların karışımları kullanılmakta olup ısıya duyarlı yapıları nedeniyle genellikle pişirme aşamasından sonra (80°C) %1'den daha az veya %1-2 civarında formülasyona ilave edilmektedir (Godshall, 2016; Hartel vd., 2018a). Çalışmamızda ise, mevcut ticari örneklerin birebir benzeri olan kontrol örneklerinde %1 oranında sitrik asit anhidrat kullanılmıştır. Buna göre, fikosiyanınli yumuşak şekerleme örneklerinin pH düzeyleri Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5'e göre, fikosiyanınli örneklerde en yüksek pH değerleri şekerlessiz gruptaki örneklerde (7,03-6,87) olup ($p<0,05$), formülasyonda temel bileşen olarak glikoz şurubu ve pudra şekeri kullanılan kontrol (6,62-6,44) ve kenger sakızı içeren şekerli gruptaki örneklerde (6,51-6,45) ise Kontrol 0 ve Şekerli 0 haricinde fikosiyanın ilave yüzdesi aynı olan diğer örneklerin pH değerleri arasında istatistiksel olarak bir farklılık olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). pH değeri 6 olarak tespit edilen fikosiyanınin tüm gruptaki kullanım miktarı %0'dan %0,5'e doğru yükseldikçe, örneklerin pH değerlerinde bir düşme olduğu ($p<0,05$), buna bağlı olarak ileride bu konuda yapılacak çalışmalarda standart formülasyon üretimlerinde organik asitlerin ve fikosiyanınin bir arada kullanılacağı durumlarda bu sonucun göz önünde bulundurulması gerektiği söylenebilir.

Çizelge 3.5. 20±2°C'de muhafaza edilen fikosiyaninli örneklerin pH değerleri

pH (20°C)				
ÖRNEK	Kontrol F0	Kontrol F0,1	Kontrol F0,3	Kontrol F0,5
pH	6,62±0,02 ^{Ba}	6,59±0,03 ^{Bb}	6,46±0,02 ^{Bc}	6,44±0,01 ^{Bc}
ÖRNEK	ŞEKERLİ F0	ŞEKERLİ F0,1	ŞEKERLİ F0,3	ŞEKERLİ F0,5
pH	6,51±0,02 ^{Ca}	6,49±0,01 ^{Ba}	6,47±0,01 ^{Bb}	6,45±0,01 ^{Bb}
ÖRNEK	ŞEKERSİZ F0	ŞEKERSİZ F0,1	ŞEKERSİZ F0,3	ŞEKERSİZ F0,5
pH	7,03±0,05 ^{Aa}	6,95±0,04 ^{Ab}	6,92±0,01 ^{Abc}	6,87±0,02 ^{Ac}

Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı satırda aynı küçük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

F: Fikosiyanin; 0, 0,1, 0,3, 0,5: Fikosiyanin katkı yüzdesi.

Literatürde toffee tipi ürünlerde genellikle çeşitli meyve pulpları veya bunların ekstraktlarının kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Örnek olarak, Thanusan vd. (2018), palmyra ve ananas meyvesi karışımı kullanarak yumuşak ve sert formda iki farklı tekstürde ürettikleri toffee tipi yumuşak şekerleme ürünlerinin pH değerlerini sırasıyla 4,9 ve 5,2 olarak tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada, mango ve papaya meyvelerinin farklı oranlardaki karışımları kullanılarak üretilen toffee tipi yumuşak şekerlemelerde ürünlerin pH değerinin meyvelerin karışım oranına ve formülasyondaki şeker miktarına bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmada, ilk gün yapılan analizlerde örneklerdeki en yüksek pH değerinin (6,10) %20 mango + %80 papaya ve 200 g şeker içeren formülasyonda, en düşük pH değerinin ise (5,47) %80 mango + %20 papaya ve 500 g şeker içeren formülasyonda olduğu tespit edilmiştir (Kumar, Pandey ve Rangare, 2017). Bu sonuçlara göre, yumuşak şekerleme üretiminde değişik miktarlarda ve farklı türde organik asit (meyve asidi) içeren çeşitli meyvelerin kullanımının ürünlerin pH değerlerinde etkili olduğu açıktır ve bu duruma bağlı olarak tespit edilen bu değerlerin çalışmamızdaki pH değerlerinden daha düşük olması beklenen bir durumdur.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlardan farklı olarak, enkapsüle edilmiş fikosiyaninin doğal mavi renk olarak jelly tipi yumuşak şekerleme ürünlerinde kullanımına dair yapılan başka bir çalışmada, %0, %1, %3 ve %5 sıvı fikosiyanin ilavesinin örneklerin pH değerini arttırdığı (sırasıyla 6,40, 6,60, 6,56 ve 7,1) tespit edilmiştir (Dewi vd., 2018). Doğal bir mavi renklendirici olan fikosiyaninin stabilitesinde pH önemli bir rol oynamaktadır. Sistemik araştırmalar, fikosiyaninin maksimum stabilitesinin pH 5,5-6,0 aralığında olduğunu göstermektedir (Chaiklahan vd., 2012; Wu vd., 2016). Diğer yandan, 60°C'de 15 dakika

ısıtılan fikosiyanin çözeltisinin pH 7,0'deki konsantrasyon oranının (concentration ratio, C_R), %20-40 glikoz veya sakkaroz eşliğinde yaklaşık %62-70 civarında olduğu ve yarılanma ömrünün 19 dakikadan 30-44 dakika arasına yükseldiği belirtilmiştir (Chaiklahan vd., 2012).

Bu bilgiler ışığında, çalışmamızda özellikle kontrollü bir optimizasyon işlemi yapılan kenger sakızlı şekerli ve şekersiz ürünlerde pH düzenleyici olarak herhangi bir bileşen kullanmaksızın üretilen ana hamurların yani "Şekerli 0" ve "Şekersiz 0" örneklerin pH değerlerinin sırasıyla 6,51 ve 7,03 olması ve aynı zamanda bu ürünlerin aslında birer karbonhidrat çözeltisi olması, fikosiyaninin bu tip ürünlerde kullanımı ve stabilitesi açısından büyük bir potansiyel ihtiva ettiğini göstermektedir.

3.3.2 Propolisli Örneklerin pH Değerleri

Çalışmamızda $20\pm 2^\circ\text{C}$ 'de 5 ay boyunca depolanan laktik asit bazlı propolis ilaveli kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz yumuşak şekerleme örneklerinin 0., 75. ve 150. günlerdeki pH analiz sonuçları Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. $20\pm 2^\circ\text{C}$ 'de muhafaza edilen propolisli örneklerin pH değerleri

ÖRNEK	0. GÜN pH (20°C)	75. GÜN pH (20°C)	150. GÜN pH (20°C)
KONTROL P0	$6,47\pm 0,03^{Ba1}$	$6,44\pm 0,04^{Ba1}$	$6,39\pm 0,04^{Ba1}$
KONTROL P0,5	$3,62\pm 0,04^{Fa2}$	$3,64\pm 0,05^{Fa2}$	$3,68\pm 0,04^{Fa2}$
KONTROL P1	$3,29\pm 0,02^{Ga3}$	$3,31\pm 0,03^{Fa3}$	$3,35\pm 0,04^{Ga3}$
KONTROL P2,5	$2,89\pm 0,04^{Hb4}$	$2,95\pm 0,06^{Hab4}$	$3,02\pm 0,03^{Ia4}$
ŞEKERLİ P0	$6,45\pm 0,02^{Bb1}$	$6,52\pm 0,02^{Ba1}$	$6,49\pm 0,04^{Bab1}$
ŞEKERLİ P0,5	$4,62\pm 0,04^{Ca2}$	$4,57\pm 0,02^{Cab2}$	$4,53\pm 0,02^{Cb2}$
ŞEKERLİ P1	$4,23\pm 0,03^{Dab3}$	$4,18\pm 0,03^{Db3}$	$4,27\pm 0,02^{Da3}$
ŞEKERLİ P2,5	$3,59\pm 0,03^{Fa4}$	$3,63\pm 0,05^{Ea4}$	$3,67\pm 0,04^{Fa4}$
ŞEKERSİZ P0	$6,95\pm 0,06^{Aa1}$	$6,83\pm 0,06^{Aa1}$	$6,88\pm 0,04^{Aa1}$
ŞEKERSİZ P0,5	$4,01\pm 0,07^{Eb2}$	$4,22\pm 0,04^{Da2}$	$4,13\pm 0,03^{Eab2}$
ŞEKERSİZ P1	$3,25\pm 0,02^{Ga3}$	$3,16\pm 0,03^{Ga3}$	$3,23\pm 0,06^{Ha3}$
ŞEKERSİZ P2,5	$2,87\pm 0,02^{Ha4}$	$2,90\pm 0,02^{Ha4}$	$2,92\pm 0,03^{Ia4}$

Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı satırda aynı küçük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı örnek grubu içinde aynı üssel rakama sahip sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

P: Propolis; 0; 0,5; 1; 2,5: Propolis katkı yüzdesi.

Çizelge 3.6'da görüldüğü üzere, öncelikle propolis ilavesi yapılmamış örneklerde; kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin başlangıç pH değerleri sırasıyla $6,47\pm0,03$, $6,45\pm0,02$ ve $6,95\pm0,06$ olarak tespit edilmiş olup, kontrol ve kenger sakızlı şekerli örnekler için sonuçların birbirine oldukça benzer olduğu görülmüştür ($p>0,05$). Akabinde, beklendiği üzere, yumuşak şekerlemelere %0,5, %1 ve %2,5 oranlarında laktik asit bazlı propolis ilavesi örneklerin başlangıç pH değerlerini kademeli olarak düşürmüştür. Örneğin, %2,5 propolis ilavesi kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin ilk güne ait başlangıç pH değerlerinin sırasıyla $2,89\pm0,04$, $3,59\pm0,03$ ve $2,87\pm0,02$ seviyelerine düşmesine neden olmuştur. Depolama süresi açısından incelendiğinde ise tüm gruplarda yer alan örneklerin pH değerlerinde genel olarak büyük bir farklılık oluşmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

Yumuşak şekerlemelerde asitlik ve pH, sakkarozun inversiyonu, üretimde kullanılan hidrokolloidlerin davranışı, ürün zenginleştirme çalışmalarında kullanılan çeşitli materyallerin biyoaktivitesi, son ürünün tekstürü ve duyu özellikleri üzerinde önemli etkilere sahiptir. Örneğin, düşük pH seviyelerine neden olan kontrolsüz asit kullanımı, jelatinin jel gücünü azaltır ve ürün sertliğinde bir azalmaya neden olmaktadır. Pektinin stabilizatör olarak kullanıldığı yumuşak şekerlemelerde, arzu edilen tekstürel özelliklerin elde edilmesinde asitlik düzenlemesi kritik öneme sahiptir (Burey vd., 2009). Öte yandan, şekerlemelerde kullanılan bazı asitler higroskopik karakterde olduğundan depolama sırasında ürünün stabilitesini etkileyerek, uygun olmayan sıcaklık ve nem seviyelerinde ürünün sertleşmesine de neden olabilir (Jarrett, 2012). Literatüre bakıldığında, Cano-Lamadrid vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada %1 sitrik asit ilavesi, nar suyu bazlı jelly tipi şekerlerin rengini, antioksidan aktivitesini ve duyu özelliklerini iyileştirmiştir. Delgado ve Bañón (2015), kurutma sırasındaki küçük pH değişimlerinin sitrik asit ve laktik asit katkılı jelly tipi yumuşak şekerlemelerin tekstürünü etkileyebileceğini belirtmiştir (Delgado ve Bañón, 2015).

3.4 Renk Analizi Sonuçları

3.4.1 Fikosiyaninli Örneklerin Renk Özellikleri

Çalışmamızda, doğal mavi renklendirici karakterde olan fikosiyanin kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz yumuşak şekerleme örneklerine toz formda %0,1, %0,3 ve %0,5 oranında katılmıştır. Bu doğrultuda üretilen örneklerin bir aradaki görseli Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Fikosiyanın yumuşak şekerleme ürünlerinin görseli

K: Kontrol örnekler, ŞLİ: Kenger sakızlı şekerli örnekler, ŞSİZ: Kenger sakızlı şekersiz örnekler. Rakamlar (0 (renksiz), 0,1; 0,2; 0,3; 0,5 ve 0,8) fikosiyanın tozunun şekerleme hamurlarına katkı yüzdesini (%) ifade etmektedir. Kontrol örneğine %0,2 ve %0,8 fikosiyanın tozu katkısı deneme amacıyla katılmış olup, tüm üretimlerde %0,1; %0,3 ve %0,5 oranlarında sabit kalınmıştır.

Renk, gıda ürünlerinin kalitesini ve niteliğini belirleyen en önemli özelliklerden birisidir. En yaygın kullanılan renk tanımlama modelleri arasında Hunter $L^*a^*b^*$ ve CIE $L^*a^*b^*$ yer almaktadır. Burada L^* değeri parlaklığı (0: Siyah, 100: Beyaz), $+a^*$ değeri kırmızı, $-a^*$ değeri yeşili, $+b^*$ değeri sarı, $-b^*$ değeri maviyi temsil etmektedir (Şahin ve Şumnu, 2006). Araştırmamızın önemli bir bölümünü oluşturan ve tüm gruplara ait fikosiyanın içeren (%0,1, %0,3 ve %0,5) ve içermeyen (%0, renksiz) örneklerin farklı depolama uygulamaları neticesinde kaydedilen L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te toplu olarak verilmiştir.

İlk olarak fikosiyanın içermeyen (%0) örneklerin genel bir değerlendirmesi yapılırsa; kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin referans olarak alınan L^* başlangıç (ilk gün) değerlerinin sırasıyla $83,41 \pm 0,34$, $68,19 \pm 0,42$ ve $63,47 \pm 0,52$ olduğu ($p < 0,05$), $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 'deki depolama sonunda ise bu değerlerin sırasıyla $83,38 \pm 0,36$, $67,86 \pm 0,37$ ve $73,57 \pm 1,23$ olarak değiştiği tespit edilmiştir ($p < 0,05$) (Şekil 3.3). Fikosiyanın içermeyen söz konusu örneklerde referans olarak alınan ilk günkü a^* değerlerinin ise sırasıyla $2,73 \pm 0,10$, $-0,28 \pm 0,08$ ve $-1,83 \pm 0,05$ olduğu ($p < 0,05$), $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 'deki depolama sonunda ise bu değerlerin sırasıyla $2,69 \pm 0,08$, $-0,39 \pm 0,06$ ve $-0,93 \pm 0,03$ olarak değiştiği belirlenmiştir ($p < 0,05$). Yine

aynı örneklerde referans olarak alınan ilk günkü b^* değerlerinin sırasıyla $19,39 \pm 0,3$, $9,83 \pm 0,19$ ve $9,17 \pm 0,21$ olduğu ($p < 0,05$), $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de 5 ay sonunda ise bu değerlerin sırasıyla $19,42 \pm 0,29$, $10,32 \pm 0,36$ ve $5,52 \pm 0,18$ olarak değiştiği tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Bu sonuçlardan hareketle, fikosiyanin içermeyen kontrol ve kenger sakızlı şekerli yumuşak şekerleme örneklerinin $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de 5 aylık depolama süresince parlaklık (L^*) değerlerinde pek bir değişiklik görülmezken, kenger sakızlı şekerli örneklerde bu değerlerin belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir. Devam edilirse, fikosiyanin içermeyen kontrol örneklerinin a^* ve b^* değerlerinde önemli bir değişiklik olmadığı, ancak fikosiyaninsiz kenger sakızlı şekerli örneklerin $-a^*$ değerleri artarken, şekerli örneklerin ise $-a^*$ değerlerinin azaldığı belirlenmiştir (Şekil 3.4 ve 3.5). Son olarak, fikosiyanin içermeyen kenger sakızlı şekerli örneklerin $+b^*$ değerlerinde hafif bir artış olurken, fikosiyanin içermeyen kenger sakızlı şekerli örneklerin ise $+b^*$ değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 3.5).

Literatürde, algılanabilir renkteki farklılıklar analitik olarak çok belirgin $\Delta E > 3$, belirgin $1,5 < \Delta E < 3$ ve çok küçük fark $\Delta E < 1,5$ olarak sınıflandırılmaktadır (Adekunte, Tiwari, Cullen, Scannell ve O'Donnell, 2010). Bu kapsamda, $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de depolanan ve L^* , a^* , b^* değerlerinde önemli bir değişim olmayan fikosiyaninsiz kontrol ve kenger sakızlı şekerli grupların ΔE değerlerinin de bu sonuçlara paralel olarak 5 ay boyunca sırasıyla $0,04$ - $0,08$ ve $0,30$ - $0,60$ arasında değiştiği ve algılanabilir renkteki farklılığın çok küçük aralıkta olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.7). Fikosiyanin içermeyen kenger sakızlı şekerli örneklerin ΔE değerlerinde ise 2. aydan itibaren önemli bir artış olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.7). Nitekim, yapılan duyu analizlerde de bu örneklerin yüzeyinin gittikçe beyazladığı görülmüş olup, bu durum örneklerin parlaklık değerinin artmasını sağlamıştır. Bu değişime şekerli örneklerin formülasyonunda kullanılan tatlandırıcıların diğer gruplardan tamamen farklı olmasının neden olduğu ve bu örneklerde sakkaroz yerine temel bileşen olarak kullanılan izomaltın nem çekme özelliğine bağlı olarak örneklerin dış yüzeyinin beyazlamasına yol açtığı düşünülmektedir. Ancak bu durum kenger sakızlı şekerli ve renksiz örneklerin duyu analizinde olumsuz bir değerlendirmeye de neden olmamıştır.

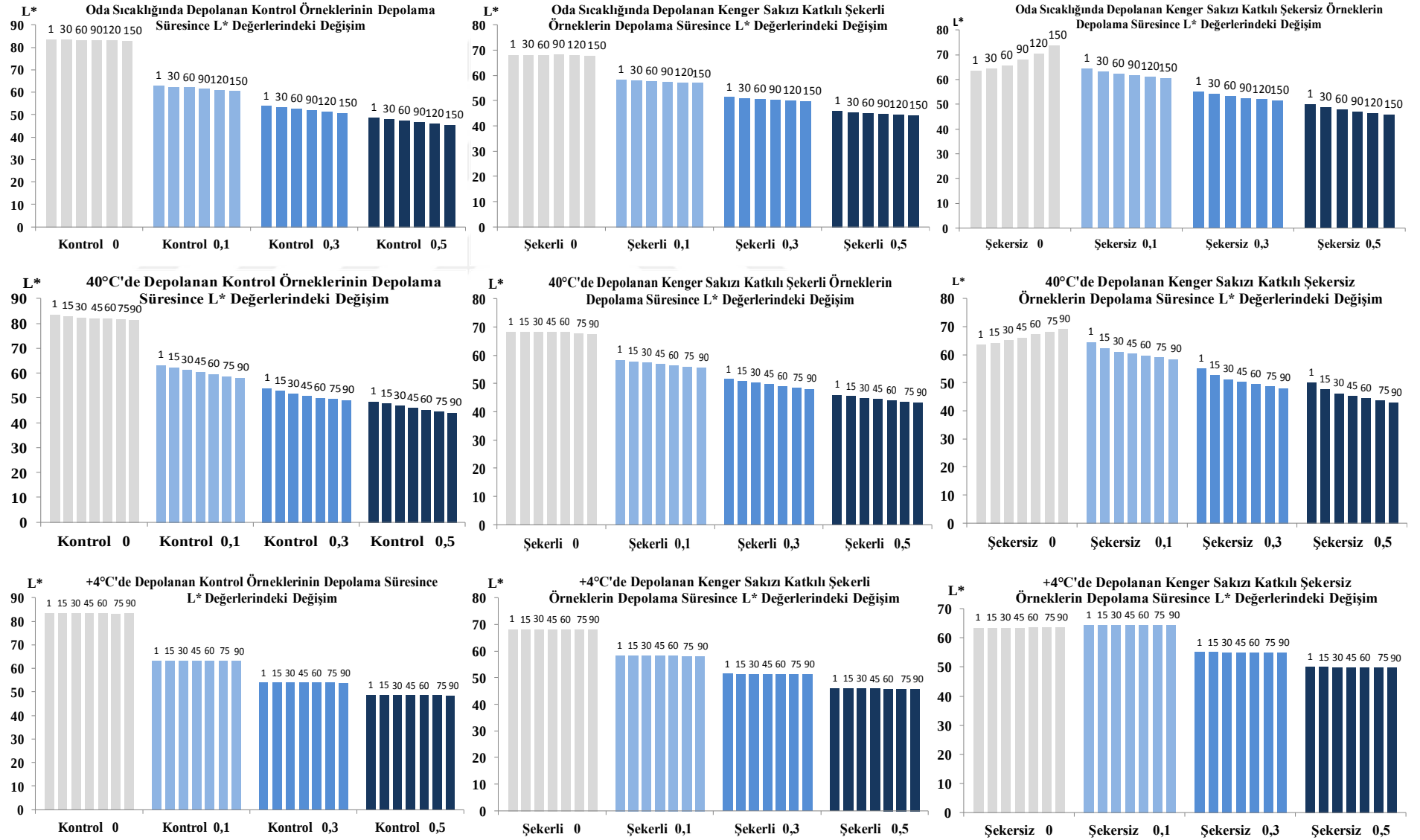
Yapılan çalışmada, kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekerli gruplara ait tüm örnekler, $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 'den farklı olarak, $4 \pm 2^\circ\text{C}$ ve 40°C 'de de muhafaza edilmiş olup, 15 gün arayla 90 gün boyunca renk analizi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre, 40°C 'de bekletilen fikosiyanin içermeyen kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekerli örneklerin 90

günlük depolama süresi sonunda L^* değerleri yukarıda belirtilen ilk günlük referans sonuçlara kıyasla azalarak sırasıyla $81,57 \pm 0,09$, $67,30 \pm 0,46$ ve $69,05 \pm 0,24$ olarak belirlenmiştir ($p < 0,05$). $4 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de muhafaza edilen fikosiyaninsiz örneklerin L^* değerlerinde ise önemli bir değişiklik olmayıp ilk güne kıyasla 90 gün sonunda fikosiyanin içermeyen kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin L^* değerlerinin sırasıyla $83,36 \pm 0,04$, $68,16 \pm 0,02$ ve $63,67 \pm 0,10$ olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

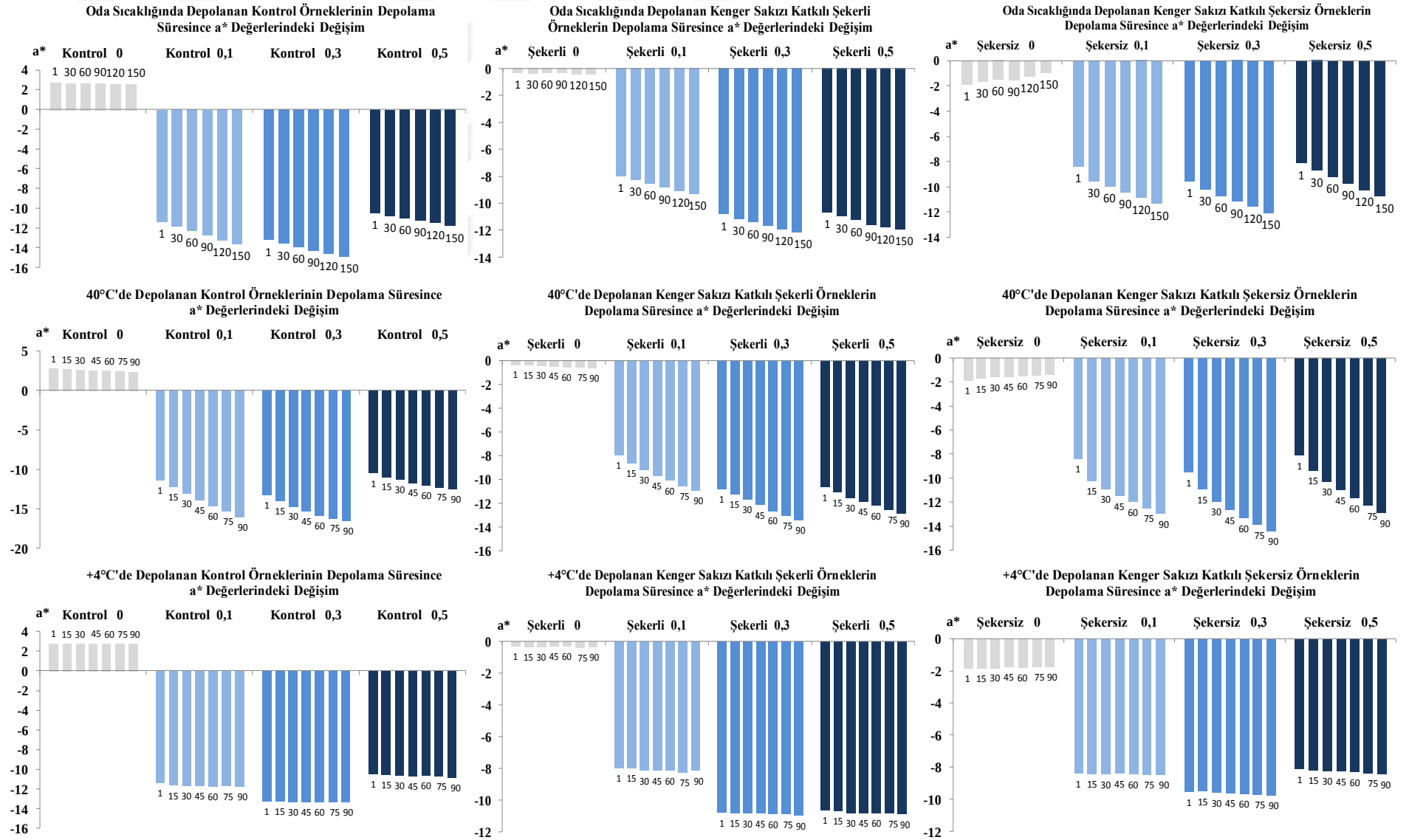
Devam edilirse, 40°C 'de bekletilen fikosiyanin içermeyen kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin 90 günlük depolama süresi sonunda a^* değerlerinin ilk günlük referans sonuçlara kıyasla değişerek sırasıyla $2,34 \pm 0,04$, $-0,58 \pm 0,03$ ve $-1,34 \pm 0,12$ olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). $4 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de muhafaza edilen bu örneklerin a^* değerleri ise çok değişmeyip ilk güne kıyasla 90 gün sonunda fikosiyanin içermeyen kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örnekler için sırasıyla $2,70 \pm 0,04$, $-0,31 \pm 0,09$ ve $-1,70 \pm 0,09$ olarak tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Son olarak, 40°C 'de muhafaza edilen fikosiyanin içermeyen kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin 90 günlük depolama süresi sonundaki b^* değerlerinin ilk günlük referans sonuçlara kıyasla değişerek sırasıyla $19,74 \pm 0,29$, $10,61 \pm 0,06$ ve $7,15 \pm 0,27$ olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). $4 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de muhafaza edilen fikosiyanin içermeyen örneklerin b^* değerleri ise beklendiği üzere çok değişmeyip ilk güne kıyasla 90 gün sonunda fikosiyanin içermeyen kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örnekler için sırasıyla $19,40 \pm 0,24$, $9,89 \pm 0,20$ ve $9,02 \pm 0,13$ olarak tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

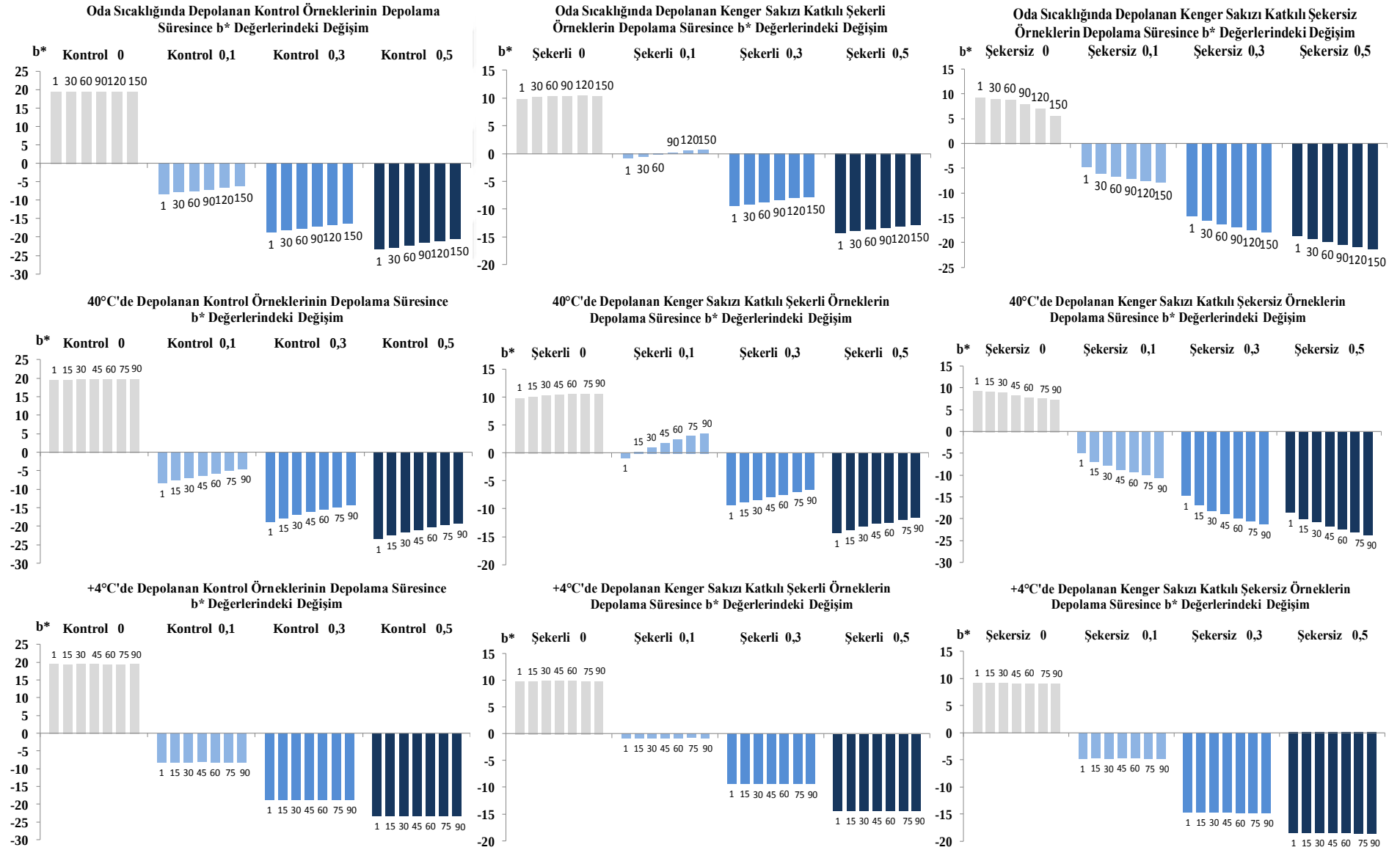
Farklı depolama uygulamalarında 90 günlük süre sonunda elde edilen bu sonuçlara göre, 40°C 'de bekletilen fikosiyanin içermeyen örneklerin ΔE değerlerinin 15. günden itibaren $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de ve $4 \pm 2^\circ\text{C}$ 'deki uygulamalarda elde edilen ΔE değerlerine göre daha yüksek olduğu (Çizelge 3.7), dolayısıyla fikosiyanin ilavesi yapılmamış örneklerde 40°C 'de meydana gelen renk değişiminin daha belirgin olduğu sonucuna varılmıştır. $4 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de depolanan fikosiyanin içermeyen tüm örneklerde renkteki algılanabilir farklılığın yani ΔE değerlerinin en düşük seviyelerde olduğu ($\Delta E < 0,5$), gruplar arasında bir değerlendirme yapıldığında ise tüm depolama uygulamalarında en yüksek ΔE değerlerinin fikosiyanin içermeyen kenger sakızlı şekersiz örneklerle ait olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.3. Depolamadaki farklılığa göre kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplara ait örneklerin zamana bağlı L* değerlerindeki değişim



Şekil 3.4. Depolamadaki farklılığa göre kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplara ait örneklerin zamana bağlı a* değerlerindeki değişim



Şekil 3.5. Depolamadaki farklılığa göre kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplara ait örneklerin zamana bağlı b* değerlerindeki değişim

Çizelge 3.7. Farklı koşullarda muhafaza edilen fikosiyaninli örneklerin depolama süresine bağlı olarak ΔE değerleri

20±2°C'de depolanan örneklerin süreye bağlı olarak ΔE değerleri						
Örnek	1. Gün	30. Gün	60. Gün	90. Gün	120. Gün	150. Gün
Kontrol F0	-	0,05±0,04	0,04±0,01	0,04±0,03	0,08±0,05	0,06±0,04
Kontrol F0,1	-	0,84±0,12	1,65±0,07	2,45±0,11	3,41±0,08	4,22±0,17
Kontrol F0,3	-	0,93±0,36	1,81±0,34	2,72±0,33	3,53±0,42	4,30±0,31
Kontrol F0,5	-	1,01±0,14	1,90±0,16	2,76±0,23	3,61±0,18	4,40±0,18
Şekerli F0	-	0,30±0,04	0,41±0,08	0,43±0,10	0,53±0,21	0,60±0,18
Şekerli F0,1	-	0,49±0,10	0,96±0,15	1,46±0,20	1,93±0,15	2,34±0,11
Şekerli F0,3	-	0,57±0,17	1,10±0,24	1,69±0,27	2,22±0,31	2,68±0,22
Şekerli F0,5	-	0,68±0,12	1,27±0,19	1,87±0,10	2,32±0,25	2,71±0,15
Şekersiz F0	-	0,99±0,19	2,18±0,15	4,63±0,34	7,28±0,46	10,77±0,71
Şekersiz F0,1	-	2,09±0,06	3,22±0,23	4,15±0,21	5,00±0,34	5,82±0,28
Şekersiz F0,3	-	1,55±0,14	2,74±0,25	3,75±0,32	4,67±0,45	5,53±0,24
Şekersiz F0,5	-	1,61±0,17	2,80±0,39	3,88±0,38	5,83±0,46	5,80±0,40
40°C'de depolanan örneklerin süreye bağlı olarak ΔE değerleri						
Kontrol F0	-	0,46±0,10	1,21±0,12	1,34±0,09	1,49±0,08	1,63±0,18
Kontrol F0,1	-	1,44±0,14	2,86±0,18	4,18±0,23	5,46±0,23	6,71±0,20
Kontrol F0,3	-	1,69±0,31	3,25±0,42	4,66±0,35	5,76±0,45	6,51±0,41
Kontrol F0,5	-	1,24±0,27	2,63±0,23	3,79±0,27	4,85±0,11	5,74±0,19
Şekerli F0	-	0,30±0,06	0,53±0,08	0,67±0,10	0,75±0,14	0,95±0,12
Şekerli F0,1	-	1,27±0,20	2,38±0,18	3,43±0,25	4,30±0,29	5,12±0,26
Şekerli F0,3	-	0,93±0,28	1,74±0,11	2,62±0,20	3,58±0,39	4,37±0,36
Şekerli F0,5	-	0,96±0,24	1,82±0,20	2,60±0,08	3,26±0,15	3,95±0,04
Şekersiz F0	-	0,76±0,17	1,65±0,21	2,78±0,25	4,06±0,28	4,94±0,26
Şekersiz F0,1	-	3,38±0,38	5,10±0,37	6,42±0,34	7,51±0,32	8,63±0,44
Şekersiz F0,3	-	3,50±0,15	5,66±0,07	7,11±0,09	8,45±0,18	9,64±0,14
Şekersiz F0,5	-	2,97±0,18	4,97±0,29	6,32±0,33	7,58±0,45	8,79±0,40
4±2°C'de depolanan örneklerin süreye bağlı olarak ΔE değerleri						
Kontrol F0	-	0,05±0,04	0,06±0,05	0,08±0,05	0,05±0,03	0,07±0,05
Kontrol F0,1	-	0,23±0,05	0,26±0,04	0,26±0,10	0,31±0,11	0,30±0,06
Kontrol F0,3	-	0,07±0,05	0,14±0,05	0,10±0,07	0,14±0,04	0,13±0,02
Kontrol F0,5	-	0,14±0,04	0,20±0,06	0,27±0,07	0,25±0,10	0,30±0,09
Şekerli F0	-	0,05±0,04	0,09±0,06	0,07±0,04	0,08±0,05	0,06±0,05
Şekerli F0,1	-	0,05±0,03	0,19±0,02	0,23±0,04	0,23±0,06	0,32±0,14
Şekerli F0,3	-	0,05±0,04	0,06±0,04	0,09±0,04	0,15±0,05	0,17±0,05
Şekerli F0,5	-	0,08±0,02	0,20±0,06	0,19±0,09	0,29±0,12	0,32±0,09
Şekersiz F0	-	0,05±0,04	0,07±0,05	0,12±0,07	0,15±0,09	0,23±0,06
Şekersiz F0,1	-	0,06±0,03	0,07±0,03	0,05±0,03	0,06±0,04	0,07±0,06
Şekersiz F0,3	-	0,07±0,02	0,11±0,04	0,15±0,03	0,19±0,04	0,26±0,04
Şekersiz F0,5	-	0,08±0,04	0,15±0,07	0,23±0,10	0,30±0,13	0,36±0,14

Fikosiyenin içeren (%0,1, %0,3 ve %0,5) "renkli" örneklerin renk analiz sonuçları bir arada incelendiğinde ise (Şekil 3.3), beklendiği üzere tüm gruplarda yer alan örneklerde fikosiyenin miktarı arttıkça L* değerlerinin belirgin bir şekilde azaldığı belirlenmiştir. Fikosiyenin oranı %0,1 olan grupta kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin referans olarak alınan ilk günkü L* değerleri sırasıyla 63,13±0,39, 58,31±0,36 ve 64,37±0,56 olarak tespit edilirken ($p<0,05$), bu değerlerin 20±2°C'de 5 aylık depolama süresi sonunda sırasıyla 60,32±0,24, 57,04±0,28 ve 60,45±0,36 şeklinde değişerek kontrol ve kenger sakızlı şekersiz örneklerin L* değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Aynı şekilde, fikosiyenin oranı %0,3 olan grupta kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin referans olarak alınan ilk günkü L* değerleri ise sırasıyla 53,89±0,66, 51,35±0,13 ve 55,03±0,33 olarak tespit edilirken ($p<0,05$), bu değerlerin 20±2°C'de 5 aylık depolama süresi sonunda sırasıyla 50,83±0,39, 49,66±0,14 ve 51,28±0,32 şeklinde azalarak değiştiği belirlenmiştir ($p<0,05$). Son olarak fikosiyenin oranı %0,5 olan grupta kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin referans olarak alınan ilk günkü L* değerleri sırasıyla 48,64±0,41, 45,94±0,18 ve 49,95±0,71 olarak tespit edilirken ($p<0,05$), bu değerlerin 20±2°C'de 5 aylık depolama süresi sonunda sırasıyla 45,57±0,33, 44,08±0,15 ve 45,61±0,33 şeklinde azalarak değiştiği ve kontrol ile kenger sakızlı şekersiz örneklerin L* değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).

20±2°C'den farklı olarak 40°C'de bekletilen tüm gruplara ait "renkli" örneklerin L* değerlerinin sıcaklık farkından dolayı daha fazla düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Buna göre formülasyonda %0,1 oranında fikosiyenin içeren kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz renkli örneklerin L* değerlerinin 40°C'de 90 günlük depolama süresi sonunda ilk gün değerlerine kıyasla sırasıyla 58,02±0,14, 55,50±0,20 ve 58,35±0,14 olduğu gözlenmiş ve kontrol ile kenger sakızlı şekersiz örneklerin L* değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Formülasyonda %0,3 oranında fikosiyenin içeren kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz renkli örneklerin 40°C'de 90 günlük depolama süresi sonundaki L* değerlerine bakıldığında ise ilk günkü verilere kıyasla sırasıyla 49,14±0,17, 48,07±0,16 ve 47,99±0,30 olduğu belirlenmiş, kenger sakızlı şekerli örneğe ait değer ile kontrol ve kenger sakızlı şekersiz örnek arasında önemli bir fark olmadığı bulunmuştur ($p>0,05$). Son olarak, formülasyonda %0,5 oranında fikosiyenin içeren kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz renkli örneklerin 40°C'de 90 günlük depolama süresi sonunda L* değerleri incelendiğinde ilk günkü sonuçlara kıyasla sırasıyla 43,97±0,22, 43,06±0,15 ve 42,88±0,25

olduğu ve kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerle ait değerlerin istatistiksel açıdan farklı olmadığı gözlenmiştir ($p>0,05$). $4\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilen tüm gruplara ait renkli örneklerin 3 aylık renk analizi sonuçları incelendiğinde ise bu örneklerle ait L^* değerlerinin ilk gün tespit edilen referans değerlere kıyasla önemli bir değişiklik göstermediği tespit edilmiştir ($p>0,05$).

Tüm gruplarda yer alan renkli örneklerin $20\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de depolama süresince $-a^*$ değerleri incelendiğinde (Şekil 3.4), bu değerin her üç grupta da zamana bağlı olarak negatif artış gösterdiği belirlenmiştir. Fikosiyanin oranı %0,1 olan grupta kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin referans olarak alınan ilk günkü $-a^*$ değerleri sırasıyla $-11,33\pm0,11$, $-7,93\pm0,20$ ve $-8,36\pm0,17$ olarak belirlenmiş ($p<0,05$) olup bu değerler $20\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de 5 aylık depolama süresi sonunda sırasıyla $-13,58\pm0,17$, $-9,30\pm0,14$ ve $-11,29\pm0,31$ şeklinde kaydedilmiştir ($p<0,05$). Fikosiyanin oranı %0,3 olan grupta ise kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin referans olarak alınan ilk günkü $-a^*$ değerleri sırasıyla $-13,15\pm0,12$, $-10,76\pm0,11$ ve $-9,50\pm0,19$ olarak belirlenmiş ($p<0,05$) olup bu değerlerin $20\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de 5 aylık depolama süresi sonunda sırasıyla $-14,88\pm0,28$, $-12,11\pm0,23$ ve $-12,00\pm0,23$ şeklinde değiştiği tespit edilmiş, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin $-a^*$ değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Son olarak fikosiyanin oranı %0,5 olan grupta kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin referans olarak alınan ilk günkü $-a^*$ değerleri sırasıyla $-10,43\pm0,09$, $-10,61\pm0,14$ ve $-8,08\pm0,16$ olarak belirlenirken ($p<0,05$) bu değerlerin $20\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de 5 aylık depolama süresi sonunda sırasıyla $-11,75\pm0,20$, $-11,90\pm0,10$ ve $-10,70\pm0,20$ olduğu kaydedilmiş ve kontrol örneği ile kenger sakızlı şekerli örneklerin $-a^*$ değerleri arasında önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).

$20\pm2^{\circ}\text{C}$ 'den farklı olarak 40°C 'de bekletilen tüm gruplara ait fikosiyaninli örneklerin $-a^*$ değerlerinin sıcaklık farkından dolayı negatif yönde daha fazla artış gösterdiği belirlenmiştir. Bileşiminde %0,1 oranında fikosiyanin içeren kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz renkli örneklerin 40°C 'de $-a^*$ değerlerinin artarak 90 günlük depolama süresi sonunda sırasıyla $-15,98\pm0,10$, $-10,87\pm0,08$ ve $-12,91\pm0,10$ olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$). Bileşiminde %0,3 oranında fikosiyanin içeren kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz renkli örneklerin $-a^*$ değerlerine bakıldığında ise 40°C 'de 90 günlük depolama süresi sonunda sırasıyla $-16,47\pm0,12$, $-13,37\pm0,14$ ve $-14,36\pm0,23$ olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Son olarak, bileşiminde %0,5 oranında fikosiyanin içeren kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz renkli örneklerin $-a^*$ değerlerine bakıldığında 40°C 'de 90 günlük depolama süresi sonunda değerlerin sırasıyla $-12,41\pm0,14$, $-12,80\pm0,18$ ve $-12,86\pm0,12$ olduğu ve kenger sakızlı şekerli

ve şekerli örneklerin $-a^*$ değerleri arasında önemli fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). $4\pm2^\circ\text{C}$ 'de muhafaza edilen tüm gruplara ait fikosiyanin içeren örneklerin 3 aylık renk analizi sonuçları incelendiğinde ise bu örneklerle ait $-a^*$ değerlerinin ilk gün tespit edilen referans değerlere kıyasla belirgin bir değişiklik göstermediği tespit edilmiştir ($p>0,05$).

Çalışmamızda fikosiyanin ilavesinin yumuşak şekerleme ürünlerine sağlamış olduğu doğal mavi rengin en net olarak değerlendirilebileceği parametre $-b^*$ (mavi) sonuçlarıdır. Şekil 3.5'te de görüleceği üzere, tüm gruplarda yer alan renkli örneklerde fikosiyanin miktarı arttıkça $-b^*$ değerlerinin yani mavilik derecesinin de artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu parametre için fikosiyanin oranı %0,1 olan grupta kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekerli örneklerin referans olarak alınan ilk günkü $-b^*$ değerleri sırasıyla $-8,09\pm0,17$, $-0,74\pm0,10$ ve $-4,65\pm0,18$ olarak tespit edilirken ($p<0,05$), bu değerlerin $20\pm2^\circ\text{C}$ 'de 5 aylık depolama süresi sonunda sırasıyla $-5,87\pm0,13$, $0,67\pm0,07$ ve $-7,80\pm0,33$ olarak değiştiği belirlenmiştir ($p<0,05$). Fikosiyanin oranı %0,3 olan grupta ise kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekerli örneklerin referans olarak alınan ilk günkü $-b^*$ değerleri sırasıyla $-18,55\pm0,22$, $-9,27\pm0,45$ ve $-14,54\pm0,13$ olarak tespit edilirken ($p<0,05$), bu değerlerin $20\pm2^\circ\text{C}$ 'den 5 aylık depolama süresi sonunda sırasıyla $-16,07\pm0,24$, $-7,68\pm0,26$ ve $-17,76\pm0,38$ şeklinde değiştiği belirlenmiştir ($p<0,05$). Son olarak fikosiyanin oranı %0,5 olan grupta kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekerli örneklerin referans olarak alınan ilk günkü $-b^*$ değerleri de sırasıyla $-23,18\pm0,13$, $-14,22\pm0,10$ ve $-18,42\pm0,30$ olarak tespit edilirken ($p<0,05$), bu değerlerin $20\pm2^\circ\text{C}$ 'de 5 aylık depolama süresi sonunda sırasıyla $-20,33\pm0,26$, $-12,74\pm0,25$ ve $-21,24\pm0,43$ olduğu kaydedilmiştir ($p<0,05$). Bu sonuçlara göre, ilk gün belirlenen $-b^*$ değerlerinin $20\pm2^\circ\text{C}$ 'de depolamaya bağlı olarak kontrol ve kenger sakızlı şekerli örneklerde azalırken, kenger sakızlı şekerli grupta ise trendin aksine artış gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 3.5).

Diğer depolama uygulamalarına bakıldığında; sıcaklık artışından dolayı 40°C uygulamasının tüm gruplara ait renkli örneklerin $-b^*$ değerleri üzerinde daha belirgin değişikliklere neden olduğu görülmüştür. Fikosiyanin oranı %0,1 olan grupta kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekerli örneklerin 40°C 'deki $-b^*$ değerlerinin 90 günlük depolama süresi sonunda sırasıyla $-4,25\pm0,18$, $3,45\pm0,11$ ve $-10,49\pm0,16$ olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$). Fikosiyanin oranı %0,3 olan grupta ise kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekerli örneklerin 40°C 'deki $-b^*$ değerleri 90 günlük depolama süresi sonunda sırasıyla $-14,15\pm0,25$, $-6,44\pm0,21$ ve $-21,11\pm0,22$ olarak tespit edilmiştir ($p<0,05$). Son olarak, fikosiyanin oranı %0,5 olan

grupta kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin 40°C'deki -b* değerleri 90 günlük depolama süresi sonunda sırasıyla -19,09±0,23, -11,47±0,16 ve -23,55±0,19 olarak tespit edilmiştir (p<0,05). 40°C'de depolanan örneklerde elde edilen bu veriler incelendiğinde, 20±2°C'deki sonuçlara benzer şekilde -b* değerlerinin zamana bağlı olarak kontrol ve kenger sakızlı şekerli örneklerde azalırken, kenger sakızlı şekersiz grupta ise trendin aksine artış gösterdiği ve kaydedilen değişikliklerin bu depolama kategorisinde daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. 4±2°C'de muhafaza edilen tüm gruplara ait fikosiyanin içeren örneklerin 3 aylık renk analizi sonuçları incelendiğinde ise bu örneklerle ait -b* değerlerinde ilk gün tespit edilen referans değerler ile karşılaştırıldığında belirgin bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar, 20±2°C'de, 40°C'de ve 4±2°C'de bekletilen örneklerin Çizelge 3.7'de verilen ΔE değerleri incelendiğinde de açık bir şekilde görülmekte olup, enstrümantal renk değişiminin en fazla olduğu kenger sakızlı şekersiz örneklerde en yüksek ΔE değerleri kaydedilmiştir. 20±2°C'de ve 40°C'de bekletilen örneklerin L*, a* ve b* değerlerinde gözlenen değişiklikler bu örneklerle ait ΔE değerlerinin 150. güne doğru gidildikçe yükselmesine ve renk değişikliğinin enstrümantal olarak belirginleşmesine neden olmuştur. Tüm bu değişikliklere rağmen, 20±2°C'de bekletilen tüm örneklerin doğal mavi renginde önemli bir kayıp yaşanmadığı ve hatta şekersiz örneklerde -b* değerlerinin artış gösterdiği göz önüne alınırsa, fikosiyaninin yumuşak şekerleme üretiminde doğal bir renklendirici olarak kullanılabileceği sonucuna varılabilir.

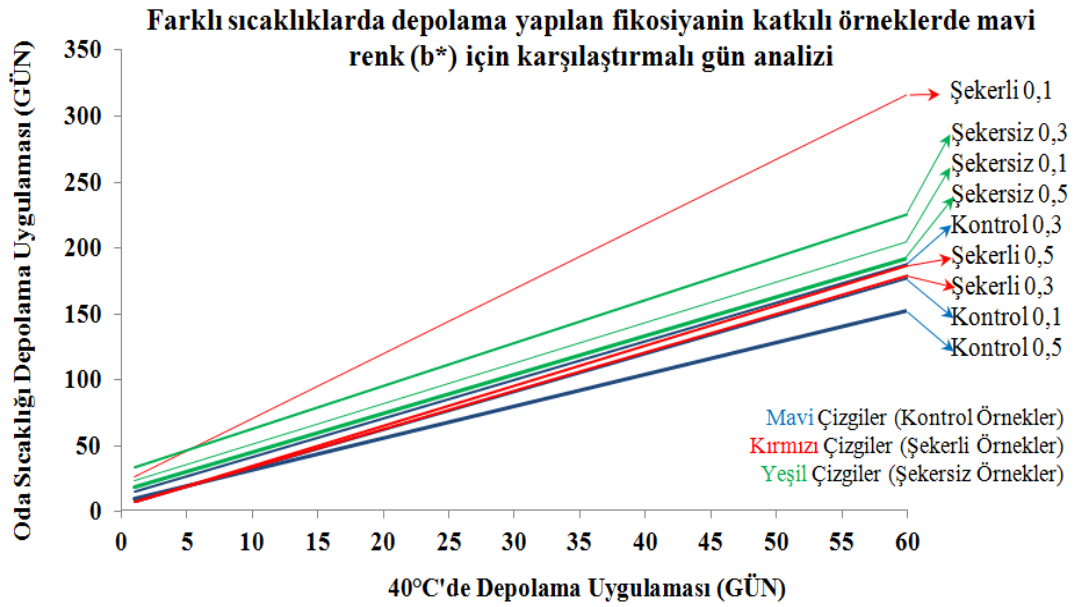
Farklı depolama uygulamalarının kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz yumuşak şekerleme örneklerindeki fikosiyanin üzerine etkisini değerlendirdiğimiz çalışmamızda örneklerle dair L*, a* ve b* değerlerinin depolama periyodu boyunca 4±2°C'de oldukça stabil olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan, 20±2°C'de ve 40°C'de bekletilen örneklerin özellikle b* değerlerindeki değişimin daha net anlaşılabilmesi için değerlerin gün bazlı kıyaslaması yapılmış olup elde edilen sonuçlar Çizelge 3.8'de detaylı olarak verilmiş ve söz konusu verilere Şekil 3.6'da görsellik kazandırılmıştır.

Bu sonuçlar incelenirse, kontrol 0,5 örneğinin 40°C'de 1 günlük depolama süresi sonundaki b* değerinin 20±2°C'deki 10. güne (9,94) denk geldiği, aynı fikosiyanin oranından devam edilirse şekerli 0,5 örneğinin 40°C'de 1 günlük depolama süresi sonundaki b* değerinin 20±2°C'deki 8. güne (7,74) denk geldiği ve son olarak şekersiz 0,5 örneğinin 40°C'de 1 günlük depolama süresi sonundaki b* değerinin 20±2°C'deki 18. güne denk geldiği görülmektedir. Aynı şekilde, kontrol 0,5 örneğinin 40°C'de 60 günlük depolama süresi

sonundaki b^* değerinin $20\pm 2^\circ\text{C}$ 'deki 152. güne denk geldiği, aynı fikosiyanin miktarından devam edilirse şekerli 0,5 örneğinin 40°C 'de 60 günlük depolama süresi sonundaki b^* değerinin $20\pm 2^\circ\text{C}$ 'deki 187. güne denk geldiği ve son olarak şekersiz 0,5 örneğinin 40°C 'de 60 günlük depolama süresi sonundaki b^* değerinin $20\pm 2^\circ\text{C}$ 'deki 192. güne denk geldiği görülmektedir. Farklı bir açıdan değerlendirme yapılırsa, Şekil 3.6'da da görüleceği üzere özellikle şekersiz grup olmak üzere kenger sakızlı örneklerde fikosiyanin ilavesinin daha stabil olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.8. $20\pm 2^\circ\text{C}$ 'de ve 40°C 'de muhafaza edilen fikosiyaninli örneklerde b^* değeri için karşılaştırmalı gün analizi

		40°C'de Depolama Uygulaması (GÜN)				
Örnek		1. gün	15. gün	30. gün	45. gün	60. gün
20±2°C'de Depolama Uygulaması (GÜN)	Kontrol F0,1	7,37	47,77	91,05	134,32	177,60
	Kontrol F0,3	15,02	56,08	100,06	144,05	188,04
	Kontrol F0,5	9,94	43,69	79,85	116,01	152,17
	Şekerli F0,1	25,94	94,79	168,52	242,27	316,02
	Şekerli F0,3	6,95	47,89	91,74	135,60	179,46
	Şekerli F0,5	7,74	50,29	95,88	141,48	187,07
	Şekersiz F0,1	22,95	66,16	112,46	158,75	205,05
	Şekersiz F0,3	33,45	79,04	127,88	176,72	225,57
	Şekersiz F0,5	18,14	59,48	103,76	148,05	192,34



Şekil 3.6. Farklı sıcaklıklarda depolama yapılan fikosiyaninli örneklerde mavi renk (b^*) için karşılaştırmalı gün analizine ait grafik

Tüm bu sonuçlar dikkate alındığında protein yapısında bir bileşik olan mavi renkteki fikosiyaninin yumuşak şekerlemelerde üretim basamağında sıcaklık kontrolü yapıldığı takdirde rahatlıkla kullanılabilceği ve uygun bir ambalajlama ile birlikte sıcaklık dalgalanmasının olmadığı şartlarda depolama yapıldığında ise üretilen örneklerin doğal mavi rengini uzun süre koruyabileceği belirlenmiştir. Ancak günümüzde klasik yumuşak şekerleme üretiminde yer alan yüksek sıcaklıklar bu durumu kısıtlayıcı nitelikte olup, renklendirici katkısının ürünün soğuması aşamasında ilavesini gerekli kılmakta, bu durumda da ürün hamurunun yoğun viskozitesinden dolayı renk maddesinin homojen bir dağılımının yapılamaması problemi ortaya çıkmaktadır. Yapılan çalışmada ise, kenger sakızı ve z-blade mikser kullanılarak yeni bir teknikle üretimi gerçekleştirilen yumuşak şekerlemelerde, ürün hamuru hazırlandıktan sonra düşük sıcaklıkta (40°C'de) renklendirici ilavesinin kullanılan doğal renklendiricinin ısı etkisiyle bozunması önlenmiştir.

3.4.2 Propolisli Örneklerin Renk Özellikleri

Çalışmamızda, laktik asit bazlı propolis ilaveli yumuşak şekerleme örneklerinin yüzey görünümleri Şekil 3.7'de, 20±2°C'de 5 aylık depolama süresince 0., 75. ve 150. günlerde yapılan renk analizi sonuçları ise Çizelge 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.7. Propolis ilaveli yumuşak şekerleme örnekleri

K: Kontrol örnekler, ŞLİ: Kenger sakızlı şekerli örnekler, ŞSİZ: Kenger sakızlı şekerli örnekler. Rakamlar (0; 0,5; 1 ve 2,5) propolisin şekerleme hamuruna katkı yüzdesini (%) ifade etmektedir.

İlk olarak propolis ilavesi yapılmamış örneklerin genel bir değerlendirmesi yapılırsa; kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin L^* başlangıç (ilk gün) değerlerinin sırasıyla $83,29 \pm 0,22$, $66,32 \pm 0,16$ ve $72,42 \pm 0,12$ olduğu ($p < 0,05$), $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 'deki depolama sonunda (150. gün) ise bu değerlerin sırasıyla $81,78 \pm 0,15$, $65,17 \pm 0,10$ ve $70,43 \pm 0,12$ olarak değiştiği tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Propolis içermeyen örneklerde ilk günkü a^* değerlerinin ise sırasıyla $1,74 \pm 0,03$, $0,44 \pm 0,07$ ve $-1,59 \pm 0,01$ olduğu ($p < 0,05$), $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 'deki depolama sonunda ise bu değerlerin pozitif yönde artış göstererek sırasıyla $2,47 \pm 0,02$, $0,51 \pm 0,01$ ve $-1,16 \pm 0,01$ olarak değiştiği belirlenmiştir ($p < 0,05$). Son olarak, aynı örneklerde ilk günkü b^* değerlerinin sırasıyla $18,73 \pm 0,92$, $9,93 \pm 0,17$ ve $8,80 \pm 0,08$ olduğu ($p < 0,05$), $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de 5 ay sonunda ise bu değerlerin sırasıyla $22,10 \pm 0,03$, $13,28 \pm 0,06$ ve $7,24 \pm 0,10$ olarak değiştiği tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Bu sonuçlara göre, propolis içermeyen kontrol ve kenger sakızlı şekerli örneklerin $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de 5 aylık depolama süresince b^* değerlerinde artış gözlenirken, kenger sakızlı şekersiz örneklerde ise bu değer azaldığı kaydedilmiştir. $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de 5 ay boyunca depolanan propolis içermeyen örneklerin algılanabilir renkteki farklılığını ifade eden ΔE değerleri ise kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerde 75. ve 150. günler için sırasıyla " $3,10 \pm 0,65$ ve $3,76 \pm 0,90$ ", " $2,77 \pm 0,12$ ve $3,54 \pm 0,14$ ", " $1,48 \pm 0,37$ ve $2,56 \pm 0,02$ " olarak kaydedilmiştir. Elde edilen bu değerlere göre algılanabilir renkteki farklılığın analitik olarak belirgin düzeyde olduğu ifade edilebilir (Adekunte vd., 2010). Çizelge 3.9'da görüldüğü üzere, kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklere %0,5, %1 ve %2,5 oranlarında propolis ilavesi örneklerin L^* değerlerini kademeli olarak düşürmüştür ($p < 0,05$). Propolisin örneklerin a^* değerleri üzerindeki etkisi ise farklı olup, kontrol grubundaki örneklerde $+a^*$ değerlerinde artışa, kenger sakızlı şekerli örneklerin $+a^*$ değerlerinde azalmaya, kenger sakızlı şekersiz örneklerin $-a^*$ değerlerinde ise önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Son olarak, şekerleme formülasyonuna ilave edilen propolis miktarı arttıkça tüm gruplarda yer alan örneklerin $+b^*$ değerlerinde kayda değer bir artış gözlenmiştir ($p < 0,05$). Elde edilen bu sonuçlara göre, yumuşak şekerleme örneklerine propolis ilavesinin örneklerin sarı rengini (yellowness, $+b^*$) arttırdığı çok net bir şekilde ifade edilebilir. Bu bakımdan, yumuşak şekerlemelere belirli miktarda propolis ilavesinin ürün rengi üzerinde potansiyel bir etkisinin olabileceği ve bu fonksiyonunu belirli bir süre koruyabileceği mutlaka ele alınarak doğal renk maddesi kapsamında değerlendirilmelidir. Propolisli örneklerin depolama süresince ölçülen renk özelliklerine bakıldığında ise, tüm gruplarda yer alan örneklerin zamana bağlı olarak L^* değerlerinde kademeli bir düşüşün yaşandığı belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Çizelge 3.9. 20±2°C'de 5 ay boyunca depolanan propolisli yumuşak şekerleme örneklerinin renk özellikleri

ÖRNEK	L*			a*			b*			ΔE		
	0. gün	75. gün	150. gün	0. gün	75. gün	150. gün	0. gün	75. gün	150. gün	0. gün	75. gün	150. gün
K P 0	83,29 ±0,22 ^{Aa1}	82,61 ±0,04 ^{Ab1}	81,78 ±0,15 ^{Ac1}	1,74 ±0,03 ^{Bc2}	2,34 ±0,05 ^{Bb2}	2,47 ±0,02 ^{Ba2}	18,73 ±0,92 ^{Db3}	21,69 ±0,29 ^{Ca3}	22,1 ±0,03 ^{Da4}	-	3,10 ±0,65	3,76 ±0,90
K P 0,5	80,62 ±0,35 ^{Ba2}	78,54 ±0,10 ^{Bb2}	77,56 ±0,26 ^{Bc2}	1,72 ±0,06 ^{Bc2}	1,98 ±0,06 ^{Cb3}	2,45 ±0,04 ^{Ba2}	20,07 ±0,34 ^{Cc3}	21,99 ±0,20 ^{Cb3}	22,69 ±0,21 ^{Ca3}	-	2,84 ±0,28	4,09 ±0,16
K P 1	77,75 ±0,59 ^{Ca3}	77,43 ±0,23 ^{Ca3}	77,25 ±0,18 ^{Ba2}	1,92 ±0,07 ^{Bc2}	2,28 ±0,03 ^{Bb2}	2,48 ±0,08 ^{Ba2}	21,65 ±0,27 ^{Bb2}	23,06 ±0,17 ^{Ba2}	23,31 ±0,15 ^{Ba2}	-	1,49 ±0,38	1,83 ±0,43
K P 2,5	76,58 ±0,30 ^{Da4}	75,81 ±0,72 ^{Dab4}	74,62 ±0,59 ^{Cb3}	2,18 ±0,16 ^{Ac1}	2,96 ±0,07 ^{Ab1}	3,27 ±0,01 ^{Aa1}	25,19 ±0,29 ^{Ab1}	25,77 ±0,32 ^{Aab1}	26,30 ±0,15 ^{Aa1}	-	1,24 ±0,43	2,50 ±0,35
ŞLİ P 0	66,32 ±0,16 ^{Ga1}	65,96 ±0,27 ^{Ga1}	65,17 ±0,10 ^{Fb1}	0,44 ±0,07 ^{Ca1}	0,54 ±0,03 ^{Ga4}	0,51 ±0,01 ^{Fa3}	9,93 ±0,17 ^{Hc4}	12,68 ±0,17 ^{Hb4}	13,28 ±0,06 ^{Ia4}	-	2,77 ±0,12	3,54 ±0,14
ŞLİ P 0,5	65,1 ±0,35 ^{Ha2}	64,65 ±0,25 ^{Ha2}	63,47 ±0,14 ^{Gb2}	0,41 ±0,07 ^{Cc1}	1,06 ±0,04 ^{Fb3}	1,19 ±0,04 ^{Ea2}	11,64 ±0,30 ^{FGb3}	15,00 ±0,13 ^{Fa3}	15,29 ±0,10 ^{Ga3}	-	3,45 ±0,20	4,07 ±0,29
ŞLİ P 1	64,55 ±0,24 ^{Ha2}	63,60 ±0,28 ^{Ib3}	62,26 ±0,06 ^{Hc3}	0,31 ±0,04 ^{Cb1}	1,30 ±0,05 ^{Ea2}	1,35 ±0,06 ^{Da2}	12,56 ±0,26 ^{Fb2}	16,25 ±0,26 ^{Ea2}	16,57 ±0,28 ^{Fa2}	-	3,93 ±0,04	4,73 ±0,18
ŞLİ P 2,5	63,64 ±0,19 ^{Ia3}	62,53 ±0,31 ^{Jb4}	61,69 ±0,20 ^{Hc4}	0,06 ±0,05 ^{Dc2}	1,72 ±0,02 ^{Db1}	1,95 ±0,10 ^{Ca1}	15,34 ±0,11 ^{Ec1}	18,76 ±0,19 ^{Db1}	19,67 ±0,20 ^{Ea1}	-	3,96 ±0,15	5,11 ±0,11
ŞSİZ P 0	72,42 ±0,12 ^{Ea1}	71,32 ±0,48 ^{Eb1}	70,43 ±0,12 ^{Dc1}	-1,59 ±0,01 ^{Ea1}	-1,35 ±0,04 ^{Hb1}	-1,16 ±0,01 ^{Gc1}	8,80 ±0,08 ^{Ia4}	7,85 ±0,05 ^{Jb4}	7,24 ±0,10 ^{Lc4}	-	1,48 ±0,37	2,56 ±0,02
ŞSİZ P 0,5	72,41 ±0,28 ^{Ea1}	68,75 ±0,08 ^{Fb2}	66,81 ±0,11 ^{Ec2}	-1,44 ±0,10 ^{Ea2}	-0,74 ±0,02 ^{Ib2}	-0,68 ±0,03 ^{Hb2}	9,80 ±0,29 ^{Hlc3}	11,16 ±0,12 ^{Ia3}	10,46 ±0,17 ^{Kb3}	-	3,98 ±0,28	5,69 ±0,22
ŞSİZ P 1	71,61 ±0,27 ^{EFa2}	66,47 ±0,35 ^{Gb3}	65,51 ±0,58 ^{Fb3}	-1,54 ±0,02 ^{Ea12}	-0,67 ±0,03 ^{Ib2}	-0,62 ±0,04 ^{Hb2}	11,48 ±0,22 ^{Gc2}	13,36 ±0,09 ^{Ga2}	12,63 ±0,28 ^{Jb2}	-	5,54 ±0,15	6,27 ±0,32
ŞSİZ P 2,5	71,28 ±0,12 ^{Fa2}	65,61 ±0,28 ^{GHb3}	64,15 ±0,11 ^{Gc4}	-1,47 ±0,04 ^{Ea12}	-0,39 ±0,04 ^{Jb3}	-0,21 ±0,08 ^{Ic3}	14,67 ±0,17 ^{Eb1}	15,21 ±0,17 ^{Fa1}	14,66 0,22 ^{Hb1}	-	5,80 ±0,16	7,23 ±0,07

Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$). Tüm parametreler ve tüm örnekler kendi arasında olmak kaydıyla, aynı satırda aynı küçük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$). Aynı parametre için aynı örnek grubunda aynı üssel rakama sahip sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$). K: Kontrol; ŞLİ: Şekerli; ŞSİZ: Şekersiz; P: Propolis; 0, 0,5, 1, 2,5: Propolis katkı yüzdesi.

Diğer yandan, süreye bağlı olarak propolis içeren kontrol ve kenger sakızlı şekerli örneklerin $+a^*$ değerlerinde artış gözlenirken, kenger sakızlı şekerli örneklerin $-a^*$ değerlerinde ise azalma tespit edilmiştir. Propolis içeren örneklerin sarı rengini ifade eden $+b^*$ değerlerinde ise depolama süresine bağlı olarak artış kaydedilmiştir ($p<0,05$). Depolama süresince tüm gruplarda yer alan örneklerin L^* , a^* ve b^* değerlerinde meydana gelen bu değişiklikler ΔE değerlerinde kendini göstermiş olup, Çizelge 3.9'da görüldüğü üzere tüm örneklerin ΔE değerlerinin çok belirgin $\Delta E>3$ veya belirgin $1,5<\Delta E<3$ kategoride yer aldığı görülmektedir.

Bu kapsamda, Otálora vd. (2019) tarafından enkapsüle betalainlerin doğal renklendirici olarak kullanıldığı jelatin bazlı yumuşak şekerlemelerin 4°C 'de 30 gün süreyle depolanarak pigment stabilitesinin incelendiği çalışmada, örneklerin ΔE değerlerinin 4'ün altında olduğu bulunmuş ve bu sonucun insan gözünün ayırt edemeyeceği bir değer olduğu ifade edilmiştir. Literatürde yer alan başka çalışmalara bakıldığında, Mutlu vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada; yapay aroma ve renk maddeleri yerine bal ve taze meyve suyu kullanılarak farklı tekniklerle üretilen jelatin bazlı yumuşak şekerlemelerin L^* , a^* ve b^* değerlerinin hem üretim tekniğine ve hem de kullanılan meyve suyu katkısına göre oldukça değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir. Rivero vd. (2020) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise; bal ve etanollü propolis ekstraktı ilave edilerek üretilen jelatin bazlı yumuşak şekerleme örneklerinin özellikle a^* ve b^* değerlerinde depolama boyunca artış gözlenmiş olup bu duruma muhtemel olarak Maillard reaksiyonunun neden olduğu ifade edilmiştir.

3.5 Tekstür Analiz Sonuçları

3.5.1 Fikosiyanınli Örneklerin Tekstür Özellikleri

Ürün üretim sürecinde tüketicilerin gıdaların tekstürel özelliklerine yönelik tutumlarının dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. Gıda bilimi alanında, duyuşal değerlendirme ile enstrümantal ölçüm arasındaki ilişkiyi elde etmek için en yaygın olarak kullanılan yöntem Tekstür Profil Analizi (Texture Profile Analysis, TPA)'dir. TPA'ya göre, kuvvet-şekil değiştirme tepkilerine bağlı olarak çeşitli ürünlerin sertlik (hardness), yapışkanlık (adhesiveness), kohesivlik (cohesiveness), elastiklik (springiness), çiğnenebilirlik (chewiness) ve esneklik (resilience) gibi parametreleri belirlenebilmektedir (Nishinari vd., 2019). Diğer yandan, ürün sertliğine bağlı olarak bir ürünü karakterize edebilmek için gerçekleştirilebilecek birden fazla deneysel mekanik test bulunmaktadır. TPA'da doğrusal harekete bağlı bazı

mekanik testler arasında delme, ekstrüzyon, bükme, sıkıştırma, çekme ve kesme yer almaktadır. Bunlardan delme testi, test örneğinin geri dönüşümsüz bir şekilde deformasyonuna neden olan bir derinliğe kadar test probunun itilmesi için gereken kuvveti ölçmektedir. Delme testi en basit ve en yaygın kullanılan tekstür analiz tekniğidir ve söz konusu test, sıkıştırmayı veya kesmeyi veya ikisinin bir kombinasyonunu ölçebildiğinden oldukça kullanışlıdır (Burey vd., 2009). Bu bakımdan literatürde prob çapının örnek yüzeyinden daha küçük olduğu tekstür analiz uygulamalarının kullanıldığı çeşitli çalışmalar mevcuttur (Da Silva vd., 2016a; 2016b; Mehta ve Trivedi, 2012; Utomo vd., 2014). Bu bağlamda, 2 mm çapında silindirik prob kullanılarak, üretilen tüm şekerleme örneklerinin sertlik, çiğnenebilirlik, kohesivlik, yapışkanlık ve esneklik gibi özellikleri belirlenmiştir. Fikosiyanınli yumuşak şekerleme ürünlerinin sertlik, çiğnenebilirlik, kohesivlik, yapışkanlık ve esneklik parametrelerine ait sonuçlar Çizelge 3.10, 3.11, 3.12, 3.13 ve 3.14'te verilmiştir.

Çizelge 3.10. 20±2°C'de muhafaza edilen fikosiyanınli örneklerin sertlik değerleri

ÖRNEK	Sertlik (Hardness, N)					
	0. gün	30. gün	60. gün	90. gün	120. gün	150. gün
K F0	15,039 ±0,246 ^{Bf1}	23,469 ±0,745 ^{Be1}	29,863 ±0,673 ^{Bd1}	35,596 ±0,854 ^{Bc1}	48,531 ±0,344 ^{Bb1}	76,948 ±0,270 ^{Ba1}
K F0,1	15,130 ±0,184 ^{Bf1}	24,309 ±0,318 ^{Be1}	30,109 ±0,293 ^{Bd1}	35,778 ±0,812 ^{Bc1}	48,781 ±0,297 ^{Bb1}	77,017 ±0,304 ^{Ba1}
K F0,3	15,281 ±0,487 ^{Bf1}	24,768 ±1,067 ^{Be1}	30,496 ±0,263 ^{Bd1}	35,816 ±0,787 ^{Bc1}	48,934 ±0,315 ^{Bb1}	77,104 ±0,299 ^{Ba1}
K F0,5	15,064 ±0,332 ^{Bf1}	24,017 ±0,618 ^{Be1}	30,217 ±0,413 ^{Bd1}	35,927 ±0,841 ^{Bc1}	48,717 ±0,480 ^{Bb1}	76,976 ±0,358 ^{Ba1}
ŞLİ F0	5,068 ±0,169 ^{Cf1}	8,169 ±0,212 ^{Ce1}	15,124 ±0,129 ^{Cd1}	20,245 ±0,413 ^{Cc1}	27,090 ±0,534 ^{Cb1}	32,625 ±0,640 ^{Ca1}
ŞLİ F0,1	5,159 ±0,345 ^{Cf1}	8,229 ±0,203 ^{Ce1}	15,338 ±0,806 ^{Cd1}	20,491 ±0,478 ^{Cc1}	27,226 ±1,041 ^{Cb1}	32,717 ±0,679 ^{Ca1}
ŞLİ F0,3	5,249 ±0,333 ^{Cf1}	8,282 ±0,349 ^{Ce1}	15,254 ±0,315 ^{Cd1}	20,356 ±0,467 ^{Cc1}	27,176 ±1,055 ^{Cb1}	32,652 ±0,675 ^{Ca1}
ŞLİ F0,5	5,115 ±0,234 ^{Cf1}	8,214 ±0,279 ^{Ce1}	15,189 ±0,620 ^{Cd1}	20,415 ±0,646 ^{Cc1}	27,159 ±1,094 ^{Cb1}	32,569 ±0,884 ^{Ca1}
ŞSİZ F0	18,387 ±0,109 ^{Af1}	51,276 ±0,633 ^{Ae1}	123,812 ±0,694 ^{Ac1}	134,883 ±1,042 ^{Aa1}	129,950 ±0,539 ^{Ab1}	115,264 ±0,657 ^{Ad1}
ŞSİZ F0,1	18,463 ±0,182 ^{Af1}	51,378 ±0,854 ^{Ae1}	123,909 ±0,721 ^{Ac1}	134,951 ±0,794 ^{Aa1}	130,071 ±0,744 ^{Ab1}	115,354 ±0,791 ^{Ad1}
ŞSİZ F0,3	18,363 ±0,085 ^{Af1}	51,942 ±0,469 ^{Ae1}	123,883 ±0,752 ^{Ac1}	134,916 ±0,426 ^{Aa1}	130,037 ±0,691 ^{Ab1}	115,419 ±0,968 ^{Ad1}
ŞSİZ F0,5	18,412 ±0,133 ^{Af1}	51,450 ±0,955 ^{Ae1}	123,962 ±0,514 ^{Ac1}	135,105 ±0,630 ^{Aa1}	130,111 ±0,783 ^{Ab1}	115,478 ±0,551 ^{Ad1}

Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı satırda aynı küçük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı örnek grubu içinde aynı üssel rakama sahip sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

K: Kontrol; ŞLİ: Şekerli; ŞSİZ: Şekersiz; F: Fikosiyanın; 0, 0,1, 0,3, 0,5: Fikosiyanın katkı yüzdesi.

Optimum sertlik değerine sahip bir yumuşak şekerleme üretimi, tüketici albenisi ve satış stratejisinde oldukça kritik bir faktördür. TPA'da sertlik genel olarak, malzemeyi belirli bir miktarda sıkıştırmak veya deforme etmek için gereken kuvvet olarak tanımlanmaktadır (Park, Lee, Yoo ve Nam 2020; Szczesniak, 2002). Çizelge 3.10 incelendiğinde, kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplarda yer alan tüm örneklerin ilk günkü (0. gün) sertlik değerlerinin sırasıyla 15,039-15,281 N, 5,068-5,249 N ve 18,363-18,463N arasında değiştiği ve 3 grubun sertlik değerleri arasında istatistiksel açıdan farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Diğer yandan, fikosiyanin kullanımının gruplar içerisinde yer alan örneklerin sertlik değerlerinde herhangi bir farklılık oluşturmadığı da tespit edilmiştir ($p>0,05$). Bu sonuçlara göre sertlik açısından gruplar arasında bir sıralama yapıldığında en sert örneklerin kenger sakızlı şekersiz grupta yer aldığı, bunu sırasıyla kontrol grubundaki ve kenger sakızlı şekerli gruptaki örneklerin takip ettiği görölmüştür. $20\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de 5 aylık depolama süresi boyunca örneklerde aylık periyotlarla yapılan tekstür analiz sonuçlarına göre kontrol grubunda ve şekerli grupta yer alan örneklerin nem kaybetmelerine paralel olarak sertlik değerlerinde artış olduğu tespit edilmiştir. Kenger sakızlı şekersiz grupta ise sertlik değerindeki bu artış 90. güne kadar devam etmiş ancak 4. ve 5. aylarda örneklerin su aktivitesi miktarındaki artışa bağlı olarak sertlik değerlerinde azalma olduğu görölmüştür. Bu doğrultuda, tüm gruplarda yer alan örneklerin 150. gündeki sertlik değerlerinin kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplar için sırasıyla 76,948-77,104 N, 32,569-32,717 N ve 115,264-115,478 N arasında değiştiği ve sonuçlar arasında önemli farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Aylık periyotlar ile yapılan tekstür analizi sonuçlarına göre en sert örneklerin kenger sakızlı şekersiz grupta yer aldığı tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Yumuřak řekerleme ürünlerinin tekstürü, üretim prosesi, nem içerięi, kullanılan hidrokolloid çeřidi ve miktarı, formölasyonda yer alan çeřitli karbonhidratlar, ürünün hava/köpük içerięi, üretimde yer alabilecek yağlar ve dięer bileřenlerin varlıęı dahil olmak üzere birçok faktörden etkilenmektedir. Ürün sertlięi üzerine en etkili faktörlerden biri ise son ürünün nihai nem içerięi olup, düşük nem deęerleri doęal olarak daha sert bir ürün tekstürüne neden olmaktadır (Čiřauskaitė, Jakubaitytė, Žitkevičius ve Kasparavičienė, 2019; Ergun vd., 2010; Figiel ve Tajner-Czopek, 2006; Hartel vd., 2018a). Buradan hareketle, depolama süresince örneklerin su aktivitesi deęerleri ile tekstür analizi sonucu elde edilen sertlik deęerleri arasında yapılan Pearson korelasyon testine göre, söz konusu iki deęiřken arasında korelasyon katsayısı kontrol, kenger sakızlı řekerli ve řekersiz gruplarda sırasıyla $r = -0,942$,

$r = -0,979$ ve $r = -0,896$ olarak bulunmuştur ($p < 0,01$, tek yönlü). Buna göre, depolama süresince örneklerin su aktivitesi değerleri ile tekstürel sertlik değerleri arasında negatif yönde ve oldukça yüksek bir ilişki olduğu, yani analiz örneklerinin su aktivitesi arttıkça sertlik değerlerinin azaldığı veya su aktivitesi azaldıkça sertlik değerlerinin arttığı çok net bir şekilde ifade edilebilir.

Literatürde jelly veya toffee tipi yumuşak şekerlemelerin üretiminde oldukça farklı bileşenlerin veya tatlandırıcıların kullanıldığı çalışmalar mevcut olup, tüm bu çalışmalarda hem tekstür analiz metodunun, hem ilgili çalışmaya ait ürün yapılarının ve hem de analiz sonuçlarının özellikle farklı birimler ile ifade edilmesinden dolayı, değerlendirmesi yapılan tekstür parametrelerinin sonuçlarının oldukça değişkenlik gösterdiği söylenebilir. Örneğin, Da Silva vd. (2016a); açai (*Euterpe oleracea* Mart.) meyvesinin püskürterek kurutulmuş tozunun yumuşak şekerleme üretiminde kullanımına dair yaptıkları çalışmada, çeşitli poliollerin (maltitol, izomalt, ksilitol ve eritritol) kullanıldığı şekerli ürün formülasyonunun optimizasyonunda oluşturdukları deneme deseni kapsamında ürettikleri ürünlerin sertlik değerlerini çok yumuşak (0,18-0,77 N), yumuşak (4,08-15,43 N), sert (56,39 N) ve çok sert (171,09 N) olarak sınıflandırmışlardır. Söz konusu çalışmada, optimize edilen şekerli ve şekerli ürün formülasyonuna %10,4 (w/w) oranında püskürterek kurutulmuş meyve tozu ilaveli ve proseste çekme işlemi uygulanarak üretilen çiğnenebilir nitelikteki yumuşak şekerlemelerin sertlik değerlerinin $20,16 \pm 1,14$ N (şekerli) ve $17,85 \pm 1,29$ N (şekerli) olarak tespit edildiği ve örneklerin ticari muadillerine benzer yumuşaklıkta olduğu belirtilmiştir. Da Silva vd. (2016b) aynı meyvenin dondurulmuş ve çözündürülmüş pulpunu (i), dondurarak kurutulmuş (freeze-drying) tozunu (ii) ve püskürterek kurutulmuş tozunu (iii) benzer tip yumuşak şekerleme üretimde kullanmışlar ve ürettikleri ürünlerin ilk günkü ve 25°C'de 6 ay depolama süresi sonundaki sertlik değerlerini sırasıyla 130,39-156,59 N, 127,08-156,70 N ve 90,50-101,45 N olarak tespit etmişlerdir. Altınok vd. (2020) tarafından yapılan araştırmada; farklı partikül boyutunda üzüm çekirdeği ve kabuk tozları içeren yumuşak şekerlemelerin sertlik değerlerinin sırasıyla 11,34-47,53 N ve 16,79-24,08 N arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Bu sonuçlardan hareketle, çalışmamızda üretilen tüm yumuşak şekerlemelerin tekstürel sertlik değerlerinin literatürdeki veriler ile uyumlu olduğu, poliol kullanımının kenger sakızlı şekerli gruptaki örneklerin tekstürel açıdan daha sert bir yapıda olmasına neden olduğu ifade edilebilir. Nitekim Da Silva vd. (2016a) yaptıkları araştırmada; izomalt ve maltitol kombinasyonunu içeren denemelerin, uygun su aktivitesi değerlerine sahip

olmalarına rağmen, çiğnenebilirliği ve ürün tekstürünü olumsuz yönde etkileyen yüksek sertlik değerleri ile karakterize edilmelerine neden olduğunu vurgulamışlardır.

Yumuşak şekerlemelerde ürün albenisini etkileyen diğer bir parametre çiğnenebilirliktir. TPA'da çiğnenebilirlik, katı bir gıdayı çiğneyerek yutmaya hazır hale getirmek için gereken enerji olarak tanımlanmakta olup, sertlik, kohesivlik ve elastiklik parametrelerinin çarpımına eşittir (Szczeniak, 2002). Çizelge 3.11'de görüldüğü üzere, sertlik sonuçlarına benzer nitelikte bir eğilime çiğnenebilirlik değerlerinde de rastlanmıştır. En yüksek sertlik değerlerinin kenger sakızlı şekersiz örneklerde olmasına paralel olarak en yüksek çiğnenebilirlik değerleri de bu grupta olup, bunu kontrol ve kenger sakızlı şekerli örneklerin takip ettiği görülmüştür.

Çizelge 3.11. 20±2°C'de muhafaza edilen fikosiyaninli örneklerin çiğnenebilirlik değerleri

ÖRNEK	Çiğnenebilirlik (Chewiness, N)					
	0. gün	30. gün	60. gün	90. gün	120. gün	150. gün
K F0	1,514 ±0,172 ^{Bd1}	2,207 ±0,322 ^{Bd1}	3,178 ±0,138 ^{Bc1}	3,666 ±0,153 ^{Bc1}	4,691 ±0,135 ^{Bb1}	6,171 ±0,497 ^{Ba1}
K F0,1	1,539 ±0,057 ^{Bd1}	2,260 ±0,163 ^{Bd1}	3,308 ±0,107 ^{Bc1}	3,619 ±0,145 ^{Bc1}	4,656 ±0,322 ^{Bb1}	6,392 ±0,153 ^{Ba1}
K F0,3	1,566 ±0,144 ^{Bd1}	2,425 ±0,209 ^{Bd1}	3,425 ±0,149 ^{Bc1}	3,735 ±0,101 ^{Bc1}	4,884 ±0,134 ^{Bb1}	6,416 ±0,551 ^{Ba1}
K F0,5	1,476 ±0,098 ^{Bf1}	2,137 ±0,162 ^{Be1}	3,293 ±0,156 ^{Bd1}	3,786 ±0,033 ^{Bc1}	4,611 ±0,090 ^{Bb1}	6,216 ±0,039 ^{Ba1}
ŞLİ F0	0,742 ±0,052 ^{Cd1}	0,982 ±0,097 ^{Cd1}	1,886 ±0,198 ^{Bc1}	2,379 ±0,090 ^{Bb1}	2,982 ±0,249 ^{Ba1}	3,051 ±0,180 ^{Ca1}
ŞLİ F0,1	0,773 ±0,063 ^{Cd1}	1,080 ±0,122 ^{Cd1}	2,002 ±0,093 ^{Bc1}	2,556 ±0,289 ^{Bb1}	3,096 ±0,166 ^{Ba1}	3,158 ±0,145 ^{Ca1}
ŞLİ F0,3	0,856 ±0,149 ^{Cc1}	1,128 ±0,197 ^{Cc1}	1,991 ±0,060 ^{Bb1}	2,438 ±0,615 ^{Bab1}	2,992 ±0,203 ^{Ba1}	3,017 ±0,127 ^{Ca1}
ŞLİ F0,5	0,793 ±0,049 ^{Cc1}	0,984 ±0,107 ^{Cc1}	1,960 ±0,307 ^{Bb1}	2,495 ±0,332 ^{Bab1}	2,888 ±0,189 ^{Ba1}	2,947 ±0,013 ^{Ca1}
ŞSİZ F0	9,509 ±0,329 ^{Ae1}	23,089 ±0,644 ^{Ad1}	54,365 ±1,771 ^{Aa1}	55,249 ±1,406 ^{Aa1}	50,234 ±1,195 ^{Ab1}	40,936 ±0,670 ^{Ac1}
ŞSİZ F0,1	9,683 ±0,123 ^{Ae1}	23,229 ±0,554 ^{Ad1}	54,510 ±1,159 ^{Aa1}	55,976 ±2,338 ^{Aa1}	50,755 ±1,562 ^{Ab1}	41,464 ±0,911 ^{Ac1}
ŞSİZ F0,3	9,521 ±0,137 ^{Ad1}	23,646 ±0,451 ^{Ac1}	54,448 ±1,309 ^{Aa1}	55,567 ±2,031 ^{Aa1}	50,540 ±1,833 ^{Aa1}	41,238 ±0,899 ^{Ab1}
ŞSİZ F0,5	9,576 ±0,280 ^{Ae1}	23,399 ±0,188 ^{Ad1}	54,761 ±0,883 ^{Aa1}	55,850 ±2,039 ^{Aa1}	50,913 ±0,977 ^{Ab1}	41,611 ±0,393 ^{Ac1}

Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı satırda aynı küçük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı örnek grubu içinde aynı üssel rakama sahip sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

K: Kontrol; ŞLİ: Şekerli; ŞSİZ: Şekersiz; F: Fikosiyanin; 0, 0,1, 0,3, 0,5: Fikosiyanin katkı yüzdesi.

Çizelge 3.11'e göre; kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplarda yer alan tüm örneklerin ilk günkü (0. gün) çiğnenebilirlik değerlerinin sırasıyla 1,476-1,566 N, 0,742-0,856 N ve 9,509-9,683 N arasında değiştiği ve bu 3 grubun çiğnenebilirlik değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan önemli olduğu ($p<0,05$) belirlenmiştir. Diğer yandan, fikosiyanin kullanımının gruplar içerisinde yer alan örneklerin çiğnenebilirlik değerlerinde herhangi bir farklılık yaratmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Kontrol ve kenger sakızlı şekerli gruptaki örneklerin ilk gün, 30. gün ve 150. günlerdeki çiğnenebilirlik sonuçları dışında ($p<0,05$); 60., 90. ve 120. günlerdeki çiğnenebilirlik değerlerinin birbiriyle benzerlik gösterdiği ve aralarında önemli farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). $20\pm2^{\circ}\text{C}$ 'de 5 aylık depolama süresi boyunca bekletilen örneklerde aylık periyotlarla yapılan tekstür analizi sonuçlarına göre, kontrol grubunda ve şekerli grupta yer alan örneklerin nem kaybetmeleri ve bununla birlikte sertlik değerlerindeki artışa paralel olarak çiğnenebilirlik değerlerinde de kademeli bir artışın olduğu tespit edilmiştir. Kenger sakızlı şekersiz grupta ise, çiğnenebilirlik değerindeki bu artış 90. güne kadar devam etmiş ancak 4. ve 5. aylarda örneklerin su aktivitesi miktarındaki artışla birlikte sertlik değerlerinde azalmaya bağlı olarak çiğnenebilirlik değerlerinde de bir azalma olduğu görülmüştür. Bütün örneklerin 150. günkü çiğnenebilirlik değerlerinin kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplar için sırasıyla 6,171-6,416 N, 2,947-3,158 N ve 40,936-41,611 N arasında değiştiği ve sonuçlar arasında önemli farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Son olarak, tüm grupların kendi aralarında depolama süresine bağlı olarak sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri arasında yapılan Pearson korelasyon testine göre; kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplara ait korelasyon katsayısı sırasıyla $r = 0,981$, $r = 0,975$ ve $r = 0,984$ olarak bulunmuştur ($p<0,01$, tek yönlü). Bu sonuca göre, gruplarda depolama süresince elde edilen sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri arasında pozitif yönde oldukça yüksek bir ilişkinin olduğu net bir şekilde ifade edilebilir.

Literatürde jelly veya gummy tipi ürünler haricinde toffee tipi yumuşak şekerleme ürünlerinde sertlik dışında farklı tekstür parametrelerinin incelendiği ve sonuçlarının yorumlandığı çalışmalar henüz sınırlı sayıdadır. Altınok vd. (2020)'nin çalışmamız ile aynı ürün grubunda yaptıkları bir araştırmada, farklı partikül boyutunda üzüm çekirdeği ve kabuk tozları içeren yumuşak şekerlemelerin çiğnenebilirlik değerlerinin sırasıyla 2,41-6,88 N ve 2,77-5,67 N arasında değiştiğini, kontrol örneğinin çiğnenebilirlik değerinin ise $7,53\pm0,66$ N olduğunu tespit etmişlerdir. Sertlik ve çiğnenebilirlik parametreleri özellikle tüketicilerin yaş ortalaması açısından dikkat çekici bir noktadır. Çünkü nispeten düşük tükürük akış hızı, ağız

hacmi, nispeten az sayıdaki diş, düşük dil basıncı ve azalmış ısırma kuvveti yaşlı bireylerde gıda tercih ve beklentilerini etkilediği bilinmektedir (Ketel, de Wijk, de Graaf ve Stieger, 2021). Bu bakımdan çalışmamızdaki ürün grubundan farklı olarak sakızla ilgili Santos vd. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, düşük çiğnenebilirlik değerlerinin sakızların tüketiminde çiğneme işlemi esnasında daha düşük enerji gereksinimi sağlaması açısından bu durumun bir avantaj olarak değerlendirilebileceği belirtilmiştir.

Ancak tüketicilerin genellikle farklı gıda türleri için farklı tekstür beklentilerine sahip olduğu da unutulmamalıdır (Lu ve Cen, 2013). Bu nedenle farklı ülkelerin geniş bir ortalama yaş aralığına sahip olduğu göz önüne alındığında, yumuşak şekerleme ürünlerinin tekstürel özelliklerinin bu kapsama göre üretilmesi, reformüle edilmesi oldukça önemlidir. Bu bilgiler doğrultusunda çalışmamız kapsamında üretilen ve diğer gruplara göre daha sert olan ve bu nedenle daha yüksek çiğnenebilirlik değerlerine sahip olan kenger sakızlı şekersiz yumuşak şekerlemelerde tüketici istekleri doğrultusunda özellikle shortening'ler gibi farklı bileşenler kullanılarak tekstür optimizasyonu yapılabilir.

TPA'da kohesivlik/bağlılık (cohesiveness) bir gıdanın gövdesini oluşturan iç bağların gücü olarak tanımlanmakta ve gıda ürününün deforme olma derecesini yani malzemenin mekanik işlem sırasında parçalanma hızını gösterdiği ifade edilmektedir (Radočaj, Dimić ve Vujasinović, 2011; Szczesniak, 2002). Çalışmamızda fikosiyanin içeren tüm gruplarda yer alan örneklerin kohesivlik değerleri Çizelge 3.12'de verilmiş olup, üretim sonrası ilk günkü değerlerin kontrol grubunda yer alan örneklerde 0,163-0,168, kenger sakızlı şekerli örneklerde 0,230-0,252 ve kenger sakızlı şekersiz örneklerde 0,512-0,518 arasında değiştiği tespit edilmiştir. İlk gün sonuçlarına göre; en yüksek kohesivlik değerlerine kenger sakızlı şekersiz örneklerin sahip olduğu belirlenmiş olup, bu grubu sırasıyla kontrol grubu ve kenger sakızlı şekerli gruptaki örneklerin takip ettiği görülmüştür ($p<0,05$). Depolama süresi boyunca tüm gruplarda yer alan örneklerin kohesivlik değerlerinin azaldığı ve buna göre 150. gündeki kohesivlik sonuçlarının kontrol grubunda yer alan örnekler için 0,106-0,110, kenger sakızlı şekerli örnekler için 0,138-0,145 ve kenger sakızlı şekersiz örnekler için 0,358-0,365 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Depolama süresi sonunda da en yüksek kohesivlik değerlerine kenger sakızlı şekersiz örneklerin sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Elde edilen sonuçlara göre, fikosiyanin miktarının örneklerin kohesivlik değerleri üzerinde etkili olduğuna dair bir bulguya rastlanmamıştır ($p>0,05$).

Çizelge 3.12. 20±2°C'de muhafaza edilen fikosiyaninli örneklerin kohesivlik değerleri

ÖRNEK	Kohesivlik (Cohesiveness, bağlılık)					
	0. gün	30. gün	60. gün	90. gün	120. gün	150. gün
K F0	0,163 ±0,004 ^{Ca1}	0,154 ±0,005 ^{Ca1}	0,141 ±0,002 ^{Cb1}	0,133 ±0,005 ^{Bbc1}	0,125 ±0,007 ^{Dc1}	0,106 ±0,006 ^{Cd1}
K F0,1	0,166 ±0,001 ^{Ca1}	0,156 ±0,004 ^{Cab1}	0,145 ±0,005 ^{Cb1}	0,134 ±0,005 ^{Bc1}	0,124 ±0,004 ^{Dc1}	0,109 ±0,001 ^{Cd1}
K F0,3	0,168 ±0,005 ^{Ca1}	0,158 ±0,002 ^{Cab1}	0,150 ±0,001 ^{Cb1}	0,139 ±0,005 ^{Bc1}	0,130 ±0,003 ^{CDd1}	0,110 ±0,005 ^{Ce1}
K F0,5	0,165 ±0,006 ^{Ca1}	0,151 ±0,005 ^{Cab1}	0,143 ±0,005 ^{Cb1}	0,136 ±0,005 ^{Bbc1}	0,123 ±0,004 ^{Dc1}	0,108 ±0,004 ^{Cd1}
ŞLİ F0	0,230 ±0,007 ^{Ba1}	0,221 ±0,006 ^{Ba1}	0,180 ±0,011 ^{Bbc1}	0,161 ±0,007 ^{Bc1}	0,151 ±0,010 ^{BCc1}	0,138 ±0,004 ^{Bc1}
ŞLİ F0,1	0,237 ±0,005 ^{Ba1}	0,226 ±0,009 ^{Ba1}	0,187 ±0,003 ^{Bb1}	0,169 ±0,012 ^{Bbc1}	0,156 ±0,006 ^{Bcd1}	0,145 ±0,008 ^{Bd1}
ŞLİ F0,3	0,252 ±0,027 ^{Ba1}	0,229 ±0,012 ^{Bab1}	0,189 ±0,008 ^{Bb1}	0,164 ±0,034 ^{Bbc1}	0,153 ±0,005 ^{Bbc1}	0,140 ±0,004 ^{Bc1}
ŞLİ F0,5	0,246 ±0,004 ^{Ba1}	0,219 ±0,013 ^{Bab1}	0,182 ±0,011 ^{Bb1}	0,165 ±0,013 ^{Bbc1}	0,148 ±0,005 ^{BCc1}	0,136 ±0,004 ^{Bc1}
ŞSİZ F0	0,515 ±0,011 ^{Aa1}	0,453 ±0,016 ^{Ab1}	0,443 ±0,014 ^{Ab1}	0,413 ±0,010 ^{Ac1}	0,390 ±0,011 ^{Acd1}	0,358 ±0,004 ^{Ad1}
ŞSİZ F0,1	0,518 ±0,007 ^{Aa1}	0,455 ±0,007 ^{Ab1}	0,445 ±0,008 ^{Abc1}	0,420 ±0,018 ^{Acd1}	0,396 ±0,011 ^{Ade1}	0,362 ±0,005 ^{Ae1}
ŞSİZ F0,3	0,512 ±0,004 ^{Aa1}	0,459 ±0,005 ^{Ab1}	0,444 ±0,010 ^{Abc1}	0,416 ±0,043 ^{Abc1}	0,393 ±0,011 ^{Acd1}	0,360 ±0,005 ^{Ad1}
ŞSİZ F0,5	0,517 ±0,011 ^{Aa1}	0,458 ±0,009 ^{Ab1}	0,446 ±0,009 ^{Abc1}	0,419 ±0,013 ^{Acd1}	0,397 ±0,008 ^{Ad1}	0,365 ±0,003 ^{Ae1}

Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı satırda aynı küçük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı örnek grubu içinde aynı üssel rakama sahip sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

K: Kontrol; ŞLİ: Şekerli; ŞSİZ: Şekersiz; F: Fikosiyanin; 0, 0,1, 0,3, 0,5: Fikosiyanin katkı yüzdesi.

Altınok vd. (2020)'nin çalışmamız ile aynı ürün grubunda yaptıkları araştırmada; farklı partikül boyutunda üzüm çekirdeği ve kabuk tozları içeren yumuşak şekerlemelerin kohesivlik değerlerinin sırasıyla 0,148-0,252 ve 0,197-0,312 arasında değiştiğini, kontrol örneğinin kohesivlik değerinin ise 0,226±0,068 olduğunu tespit etmişlerdir. Elde edilen bu sonuçların çalışmamızdaki örneklerin kohesivlik değerlerinden çok uzak olmadığı hatta depolama süresi sonundaki sonuçlar ile oldukça uyumlu olduğu söylenebilir. Literatürde çeşitli ürünlerde yapılan tekstür analizleri ve elde edilen sonuçlara göre ürünün kohesivliği/bağlılığı ile nem içeriği arasında negatif (Clarke ve Farrell, 2000; Figiel ve Tajner-Czopek, 2006), belirli bir kritik noktaya kadar pozitif (Tobin vd., 2017) yönde bir ilişkinin veya tamamen lineer bir ilişkinin olduğunu (Al-Muhtaseb vd., 2013; Zheng, Liu ve Mo, 2016) belirten kaynaklar mevcuttur. Bu çalışmaya ait bulgular incelendiğinde tüm gruplarda yer alan

örneklerin su aktivitelerinde azalmaya karşılık olarak kohesivlik değerlerinin de azaldığı görülmektedir. Nitekim, depolama süresine karşılık grupların su aktiviteleri ve kohesivlik değerleri arasında yapılan Pearson korelasyon testinde de, kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplara ait korelasyon katsayısının sırasıyla $r = 0,943$, $r = 0,939$ ve $r = 0,755$ olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,01$, tek yönlü). Bu sonuca göre, depolama süresince örneklere dair elde edilen kohesivlik ve su aktivitesi değerleri arasında pozitif yönde oldukça yüksek bir ilişkinin olduğu ifade edilebilir.

Yumuşak şekerlemelerde ürün albenisi ve tüketim karakteristiği açısından yapışkanlık niteliği oldukça önemlidir. TPA'da yapışkanlık (adhesiveness), bir gıdanın yüzeyi ile gıdanın temas ettiği diğer malzemelerin yüzeyi arasındaki çekici kuvvetlerin üstesinden gelmek için gerekli işi temsil etmektedir (Szczeniak, 2002). Çalışmamızda fikosiyanin içeren tüm gruplarda yer alan örneklerin yapışkanlık değerleri Çizelge 3.13'te verilmiş olup, üretim sonrası ilk günlük yapışkanlık değerlerinin kontrol grubunda yer alan örneklerde -0,100 ile -0,106 N.s, kenger sakızlı şekerli örneklerde -0,097 ile -0,103 N.s ve kenger sakızlı şekersiz örneklerde ise -5,179 ile -5,321 N.s arasında değiştiği tespit edilmiştir.

İlk günlük sonuçlara göre; en yapışkan örneklerin kenger sakızlı şekersiz grupta yer aldığı belirlenmiş olup ($p < 0,05$), kontrol grubundaki ve kenger sakızlı şekerli gruptaki örneklerin ise yapışkanlık açısından birbirine benzer olduğu tespit edilmiştir ($p > 0,05$). $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de 5 aylık depolama süresi boyunca muhafaza edilen örneklerde aylık periyotlarla yapılan tekstür analizi sonuçlarına göre kontrol grubunda ve şekerli grupta yer alan örneklerin nem kaybetmelerine paralel olarak yapışkanlık değerlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Kenger sakızlı şekersiz grupta yer alan örneklerin yapışkanlık değerlerindeki bu azalma ise 90. güne kadar devam etmiş ancak 4. ve 5. aylarda örneklerin su aktivitesi miktarındaki artışa bağlı olarak yapışkanlık değerlerinde artış olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda, tüm gruplarda yer alan örneklerin 150. günlük yapışkanlık değerlerinin kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplar için sırasıyla -0,016 ile -0,018 N.s, -0,019 ile -0,022 N.s ve -4,243 ile -4,310 N.s arasında değiştiği tespit edilmiştir. Depolama süresi sonunda da en yapışkan örneklerin kenger sakızlı şekersiz grupta yer aldığı belirlenmiş olup ($p < 0,05$), kontrol grubundaki ve kenger sakızlı şekerli gruptaki örneklerin ise yapışkanlık açısından birbirine benzer olduğu tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Diğer yandan, fikosiyanin miktarının örneklerin yapışkanlığı üzerinde etkili olduğuna dair istatistiksel açıdan teyit edilmiş bir sonuca rastlanmamıştır.

Çizelge 3.13. 20±2°C'de muhafaza edilen fikosiyaninli örneklerin yapışkanlık değerleri

ÖRNEK	Yapışkanlık (Adhesiveness, N.s)					
	0. gün	30. gün	60. gün	90. gün	120. gün	150. gün
K F0	-0,106 ±0,006 ^{Ba1}	-0,097 ±0,005 ^{Bab1}	-0,089 ±0,005 ^{Bb1}	-0,033 ±0,006 ^{Bc1}	-0,021 ±0,001 ^{Bcd1}	-0,018 ±0,002 ^{Bd1}
K F0,1	-0,100 ±0,002 ^{Ba1}	-0,096 ±0,003 ^{Bab1}	-0,086 ±0,001 ^{Bb1}	-0,032 ±0,004 ^{Bc1}	-0,022 ±0,001 ^{Bd1}	-0,017 ±0,003 ^{Bd1}
K F0,3	-0,103 ±0,017 ^{Ba1}	-0,092 ±0,002 ^{Bab1}	-0,085 ±0,003 ^{Bb1}	-0,031 ±0,002 ^{Bc1}	-0,020 ±0,004 ^{Bc1}	-0,016 ±0,001 ^{Bc1}
K F0,5	-0,104 ±0,010 ^{Ba1}	-0,095 ±0,009 ^{Bab1}	-0,087 ±0,003 ^{Bb1}	-0,031 ±0,002 ^{Bc1}	-0,024 ±0,003 ^{Bc1}	-0,017 ±0,001 ^{Bc1}
ŞLİ F0	-0,103 ±0,001 ^{Ba1}	-0,084 ±0,002 ^{Bb1}	-0,047 ±0,006 ^{Bc1}	-0,043 ±0,003 ^{Bcd1}	-0,033 ±0,006 ^{Bd1}	-0,021 ±0,002 ^{Be1}
ŞLİ F0,1	-0,100 ±0,004 ^{Ba1}	-0,083 ±0,005 ^{Bb1}	-0,044 ±0,005 ^{Bc1}	-0,040 ±0,002 ^{Bc1}	-0,030 ±0,008 ^{Bc1}	-0,019 ±0,002 ^{Bd1}
ŞLİ F0,3	-0,097 ±0,005 ^{Ba1}	-0,081 ±0,001 ^{Bb1}	-0,045 ±0,006 ^{Bc1}	-0,042 ±0,002 ^{Bc1}	-0,032 ±0,006 ^{Bc1}	-0,022 ±0,001 ^{Bd1}
ŞLİ F0,5	-0,099 ±0,006 ^{Ba1}	-0,085 ±0,006 ^{Bb1}	-0,046 ±0,005 ^{Bc1}	-0,043 ±0,005 ^{Bc1}	-0,034 ±0,007 ^{Bcd1}	-0,020 ±0,001 ^{Bd1}
ŞSİZ F0	-5,275 ±0,149 ^{Aa1}	-4,883 ±0,294 ^{Aab1}	-4,553 ±0,962 ^{Aab1}	-4,064 ±0,204 ^{Ab1}	-4,162 ±0,064 ^{Aab1}	-4,310 ±0,059 ^{Aab1}
ŞSİZ F0,1	-5,179 ±0,175 ^{Aa1}	-4,820 ±0,246 ^{Aab1}	-4,435 ±0,630 ^{Aabc1}	-3,941 ±0,228 ^{Ac1}	-4,095 ±0,104 ^{Abc1}	-4,295 ±0,034 ^{Abc1}
ŞSİZ F0,3	-5,321 ±0,217 ^{Aa1}	-4,774 ±0,199 ^{Aab1}	-4,382 ±0,548 ^{Abc1}	-4,039 ±0,159 ^{Ac1}	-4,157 ±0,071 ^{Abc1}	-4,267 ±0,081 ^{Abc1}
ŞSİZ F0,5	-5,207 ±0,155 ^{Aa1}	-4,701 ±0,294 ^{Aab1}	-4,306 ±0,847 ^{Aab1}	-3,979 ±0,141 ^{Ab1}	-4,073 ±0,373 ^{Ab1}	-4,243 ±0,045 ^{Aab1}

Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı satırda aynı küçük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı örnek grubu içinde aynı üssel rakama sahip sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

K: Kontrol; ŞLİ: Şekerli; ŞSİZ: Şekersiz; F: Fikosiyanin; 0, 0,1, 0,3, 0,5: Fikosiyanin katkı yüzdesi.

Altınok vd. (2020)'nin araştırmamız ile aynı ürün grubunda yaptıkları araştırmada; farklı partikül boyutunda üzüm çekirdeği ve kabuk tozları içeren yumuşak şekerlemelerin yapışkanlık değerlerinin sırasıyla -0,72 ile -2,46 N.s ve -2,01 ile -3,34 N.s arasında değiştiğini, kontrol örneğinin yapışkanlık değerinin ise -6,66±0,44 olduğunu tespit etmişlerdir. Elde edilen bu sonuçlara göre, her iki araştırmadaki kontrol toffee örneklerinin yapışkanlık değerleri kıyaslandığında, araştırmamızda üretilen kontrol örneklerinin yapışkanlığının daha düşük olduğu görülmektedir. Son olarak, depolama süresine karşılık grupların su aktiviteleri ve yapışkanlık değerleri arasında yapılan Pearson korelasyon testine göre kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplara ait korelasyon katsayısının sırasıyla $r = 0,908$, $r = 0,928$ ve $r = 0,937$ olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,01$, tek yönlü). Bu sonuca göre, depolama süresince örneklerin yapışkanlığı ile su aktivitesi değerleri arasında pozitif yönde

oldukça yüksek bir ilişkinin olduğu, yani su aktivitesindeki azalmaya bağlı olarak örneklerin yapışkanlığının da azaldığı ifade edilebilir.

Bir gıdanın yapışkanlık derecesi özellikle yutma zorluğu (disfaji, dysphagia) yaşayan yaşlı bireyler açısından oldukça önemlidir. Orofaringeal disfajinin, bireylerde gıdaları yutma sırasında boğulmaya, öksürmeye ve buna bağlı olarak beslenme eksikliğine, aspirasyon pnömonisine ve hatta ölüme neden olabileceği belirtilmektedir (Ekberg, Hamdy, Woisard, Wuttge–Hannig ve Ortega, 2002; Park vd., 2020). Bu bakımdan her yaştan tüketici gruplarının şekerleme ürünlerini severek tükettiğini düşünürsek, kalite özelliklerinden ödün vermeden yapışkanlık değeri optimize edilmiş yumuşak şekerleme ürünlerinin üretimi oldukça önem arz etmektedir. Bu nedenle, araştırmamızdaki sonuçlar dikkate alındığında, oldukça sade formülasyon içeriğine sahip kenger sakızlı gruplardan özellikle şekersiz örneklerin üretiminde hem proses açısından ve hem de tüketim esnasında yapışkanlığı azaltıp çiğnenebilirliği kolaylaştırmak amacıyla çeşitli yağ katkı maddelerinin formülasyona dahil edilmesi denenebilir.

Çalışmamızda değerlendirmesi yapılan son parametre esnekliktir. Esneklik, bir numunenin hem hız hem de kuvvet açısından deformasyondan nasıl kurtulduğunun ölçümü olup, örneğin deformasyondan sonra orijinal konumunun ne kadarını geri kazandığı olarak tanımlanabilir (Gupta, Sharma ve Sharma, 2007). Tekstür analizi neticesinde elde edilen esneklik sonuçları Çizelge 3.14'te verilmiştir. Çizelge 3.14'te de görüldüğü üzere, depolama süresi boyunca en yüksek esneklik değerlerinin kenger sakızlı şekersiz grupta yer alan örneklerde olduğu, bunu sırasıyla kontrol grubu örneklerinin ve kenger sakızlı şekerli grupta yer alan örneklerin takip ettiği tespit edilmiştir ($p<0,05$). Kontrol grubunda yer alan örneklerin esneklik değerlerinin depolama süresine bağlı olarak çok değişmediği, ancak kenger sakızlı şekerli grupta yer alan örneklerde zamana bağlı olarak azalırken ($p<0,05$), şekersiz grupta yer alan örneklerde ise esneklik değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$). Diğer yandan, birkaç örnek dışında fikosiyanin miktarının grupların kendi içerisinde yer alan örneklerin esnekliği üzerinde etkili olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Altınok vd. (2020)'nin çalışmamız ile aynı ürün grubunda yaptıkları araştırmada, farklı partikül boyutunda üzüm çekirdeği ve kabuk tozları içeren yumuşak şekerlemelerin esneklik değerlerinin sırasıyla 0,013 ile 0,026 ve 0,013 ile 0,045 arasında değiştiğini, kontrol örneğinin esneklik değerinin ise $0,009\pm0,001$ olduğunu tespit etmişlerdir. Bu sonuçların araştırmamızda elde edilen değerler ile oldukça uyumlu olduğu ifade edilebilir.

Çizelge 3.14. 20±2°C'de muhafaza edilen fikosiyaninli örneklerin esneklik değerleri

ÖRNEK	Esneklik (Resilience)					
	0. gün	30. gün	60. gün	90. gün	120. gün	150. gün
K F0	0,025 ±0,000 ^{Ba1}	0,024 ±0,000 ^{Ca2}	0,023 ±0,000 ^{Cbc1}	0,022 ±0,000 ^{Cc1}	0,023 ±0,000 ^{Bbc1}	0,025 ±0,000 ^{Ca1}
K F0,1	0,024 ±0,000 ^{Ba1}	0,025 ±0,000 ^{Ca12}	0,022 ±0,001 ^{Cb2}	0,021 ±0,001 ^{Cb1}	0,022 ±0,001 ^{BCb1}	0,025 ±0,000 ^{Ca1}
K F0,3	0,024 ±0,001 ^{Bab1}	0,025 ±0,000 ^{Ca12}	0,022 ±0,000 ^{Cb2}	0,022 ±0,001 ^{Cb1}	0,022 ±0,001 ^{Bb1}	0,024 ±0,002 ^{Cab1}
K F0,5	0,025 ±0,001 ^{Ba1}	0,025 ±0,001 ^{Ca1}	0,022 ±0,000 ^{Cc2}	0,022 ±0,001 ^{Cc1}	0,023 ±0,000 ^{Bbc1}	0,024 ±0,001 ^{Cc1}
ŞLİ F0	0,017 ±0,001 ^{Ca1}	0,016 ±0,000 ^{Dab1}	0,015 ±0,000 ^{Dabc1}	0,014 ±0,001 ^{Dc1}	0,013 ±0,001 ^{Cc1}	0,014 ±0,001 ^{Dbc1}
ŞLİ F0,1	0,016 ±0,000 ^{Ca1}	0,016 ±0,000 ^{Da1}	0,014 ±0,000 ^{Db2}	0,013 ±0,000 ^{Dbc2}	0,013 ±0,001 ^{Cc1}	0,014 ±0,001 ^{Dbc1}
ŞLİ F0,3	0,015 ±0,000 ^{Ca1}	0,015 ±0,000 ^{Da1}	0,013 ±0,000 ^{Dbc3}	0,012 ±0,000 ^{Dc2}	0,013 ±0,001 ^{Cbc1}	0,014 ±0,000 ^{Dab1}
ŞLİ F0,5	0,016 ±0,000 ^{Cab1}	0,016 ±0,001 ^{Da1}	0,013 ±0,000 ^{Dc3}	0,013 ±0,000 ^{Dc2}	0,014 ±0,001 ^{Cbc1}	0,015 ±0,001 ^{Dab1}
ŞSİZ F0	0,037 ±0,007 ^{Ab1}	0,049 ±0,004 ^{Ba1}	0,052 ±0,001 ^{Aa1}	0,056 ±0,001 ^{Aa1}	0,055 ±0,004 ^{Aa1}	0,054 ±0,002 ^{Aa1}
ŞSİZ F0,1	0,041 ±0,002 ^{Ab1}	0,051 ±0,001 ^{ABa1}	0,048 ±0,001 ^{Bab2}	0,052 ±0,002 ^{ABa1}	0,049 ±0,005 ^{Aa1}	0,048 ±0,003 ^{Bab1}
ŞSİZ F0,3	0,038 ±0,004 ^{Ab1}	0,054 ±0,003 ^{Aa1}	0,053 ±0,002 ^{Aa1}	0,053 ±0,003 ^{ABa1}	0,051 ±0,003 ^{Aa1}	0,051 ±0,004 ^{ABa1}
ŞSİZ F0,5	0,039 ±0,002 ^{Ab1}	0,054 ±0,001 ^{Aa1}	0,052 ±0,000 ^{Aa1}	0,049 ±0,004 ^{Ba1}	0,049 ±0,006 ^{Aa1}	0,054 ±0,001 ^{Aa1}

Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı satırda aynı küçük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı örnek grubu içinde aynı üssel rakama sahip sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

K: Kontrol; ŞLİ: Şekerli; ŞSİZ: Şekersiz; F: Fikosiyanin; 0, 0,1, 0,3, 0,5: Fikosiyanin katkı yüzdesi.

3.5.2 Propolisli Örneklerin Tekstür Özellikleri

Çalışmamızda fikosiyaninli ürünlerin yanı sıra laktik asit ekstreli propolis kullanılarak üretilen ve 20±2°C'de 5 ay boyunca depolanan yumuşak şekerleme örneklerinde de aynı TPA yöntemi kullanılarak sertlik, çiğnenebilirlik, kohesivlik, yapışkanlık ve esneklik gibi özellikleri belirlenmiştir. Bu kapsamda, propolisli yumuşak şekerleme ürünlerinin sertlik, çiğnenebilirlik, kohesivlik, yapışkanlık ve esneklik parametrelerine ait tüm TPA sonuçları Çizelge 3.15, 3.16, 3.17, 3.18 ve 3.19'da verilmiştir.

Çizelge 3.15 incelendiğinde, üretimin başlangıcından depolama süresi sonuna kadar olan tüm süreçte en sert örneklerin kenger sakızlı şekersiz grupta, en yumuşak örneklerin ise kenger sakızlı şekerli grupta yer aldığı görülmektedir ($p < 0,05$).

Çizelge 3.15. 20±2°C'de muhafaza edilen propolisli örneklerin sertlik değerleri

ÖRNEK	Sertlik (Hardness, N)		
	0. gün	75. gün	150.gün
K P0	19,837±0,837 ^{DEc1}	45,120±0,924 ^{Db1}	76,117±0,870 ^{Da1}
K P0,5	18,007±0,275 ^{Ec2}	41,451±0,838 ^{Db2}	54,719±1,048 ^{Ea2}
K P1	11,171±0,354 ^{Fc3}	29,930±0,471 ^{Fb3}	44,854±0,534 ^{Fa3}
K P2,5	5,632±0,288 ^{Hc4}	12,850±0,640 ^{Hb4}	23,049±0,595 ^{Ja4}
ŞLİ P0	11,038±0,168 ^{Fc1}	24,100±0,199 ^{Gb1}	41,219±0,564 ^{Ga1}
ŞLİ P0,5	7,665±0,100 ^{Gc2}	17,127±0,229 ^{Hb2}	31,599±0,728 ^{Ia2}
ŞLİ P1	6,930±0,205 ^{GHc3}	14,244±0,152 ^{Hb3}	25,793±0,103 ^{Ja3}
ŞLİ P2,5	3,568±0,166 ^{Ic4}	6,839±0,270 ^{Ib4}	14,160±0,093 ^{Ka4}
ŞSİZ P0	46,711±0,663 ^{Ac1}	106,357±1,107 ^{Ab1}	120,000±1,605 ^{Aa1}
ŞSİZ P0,5	44,756±0,977 ^{Bc1}	81,928±2,317 ^{Bb2}	92,480±1,707 ^{Ba2}
ŞSİZ P1	41,620±0,722 ^{Cc2}	65,705±4,342 ^{Cb3}	79,081±1,188 ^{Ca3}
ŞSİZ P2,5	21,621±1,446 ^{Db3}	34,628±1,262 ^{Ea4}	36,682±1,019 ^{Ha4}

Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı satırda aynı küçük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı örnek grubu içinde aynı üssel rakama sahip sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

K: Kontrol; ŞLİ: Şekerli; ŞSİZ: Şekersiz; P: Propolis; 0, 0,5, 1, 2,5: Propolis katkı yüzdesi.

Beklendiği üzere, tüm gruplarda yer alan örneklerde propolis miktarındaki artışa paralel olarak örneklerin sertlik değerlerinde belirgin bir azalma olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Diğer yandan, depolama süresine bağlı olarak tüm örneklerin sertlik değerlerinde ilk güne kıyasla belirgin bir artış olduğu da belirlenmiştir ($p < 0,05$). Buradan hareketle, depolama süresince örneklerin su aktivitesi değerleri ile tekstür analizi sonucu elde edilen sertlik değerleri arasında yapılan Pearson korelasyon testine göre, söz konusu iki değişken arasındaki korelasyon katsayısı kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplarda sırasıyla $r = -0,752$, $r = -0,749$ ve $r = -0,723$ olarak bulunmuştur ($p < 0,01$, tek yönlü). Buna göre, depolama süresince örneklerin su aktivitesi değerleri ile tekstürel sertlik değerleri arasında negatif yönde ve oldukça yüksek bir ilişki olduğu, yani analiz örneklerinin su aktivitesi arttıkça sertlik değerlerinin azaldığı veya su aktivitesi azaldıkça sertlik değerlerinin arttığı çok net bir şekilde ifade edilebilir.

Literatüre bakıldığında; Seth ve Mishra (2011) cevap (yanıt) yüzey metodolojisi kullanarak bal katkılı toffee benzeri yumuşak şekerleme formülasyonunun (bal %10-50, yağ %0-30, yağsız süt tozu %0-24, nişasta %10-40, pektin %0-6) optimizasyonuna dair yaptıkları çalışmada, bal katkı oranındaki artışla birlikte şekerlemelerin nem içeriğinin arttığını tespit etmişlerdir. Dolayısıyla, bal miktarındaki artışın tekstürel sertliği azaltan bir faktör olarak etki ettiği belirtilmiştir.

Çalışmamızda, laktik asit bazlı propolisli yumuşak şekerlemelerin çiğnenebilirlik değerleri incelendiğinde sertlik değerleri ile uyumluluk gösterdiği görülmektedir (Çizelge 3.16). Öncelikle, üretimin başlangıcından depolama süresi sonuna kadar olan tüm süreçte çiğnenebilirlik açısından en yüksek değerler kenger sakızlı şekersiz örnekler için olup, bu örnekleri sırasıyla kontrol ve kenger sakızlı şekerli örneklerin takip ettiği tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bileşimde propolis oranı arttıkça, tüm gruplarda yer alan örneklerin çiğnenebilirlik değerlerinde düşüş olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Ayrıca, depolama süresine paralel olarak örneklerin su aktivitesi miktarındaki azalma ile birlikte tıpkı sertlik değerlerinde olduğu gibi çiğnenebilirlik değerlerinin de arttığı görülmüştür ($p<0,05$).

Çizelge 3.16. 20±2°C'de muhafaza edilen propolisli örneklerin çiğnenebilirlik değerleri

ÖRNEK	Çiğnenebilirlik (Chewiness, N)		
	0. gün	75. gün	150.gün
K P0	1,706±0,126 ^{Dc1}	3,629±0,667 ^{Eb1}	5,926±0,487 ^{CDa1}
K P0,5	1,338±0,193 ^{Dc2}	3,505±0,326 ^{Eb1}	4,387±0,454 ^{DEa2}
K P1	1,055 ±0,050 ^{Dc2}	2,272±0,155 ^{Efb2}	3,335±0,249 ^{DEa3}
K P2,5	0,585±0,026 ^{Dc3}	1,201±0,057 ^{Fb3}	1,736±0,129 ^{Ea4}
ŞLİ P0	1,109±0,141 ^{Dc1}	1,872±0,094 ^{Efb1}	3,040±0,273 ^{DEa1}
ŞLİ P0,5	1,063±0,087 ^{Db1}	1,472±0,140 ^{Fb2}	2,258±0,311 ^{Ea2}
ŞLİ P1	0,889±0,069 ^{Dc1}	1,317±0,070 ^{Fb2}	2,229±0,233 ^{Ea2}
ŞLİ P2,5	0,562±0,045 ^{Db2}	0,675±0,069 ^{Fb3}	1,177±0,234 ^{Ea3}
ŞSİZ P0	19,393±0,598 ^{Ab1}	29,664±1,084 ^{Aa1}	32,951±2,306 ^{Aa1}
ŞSİZ P0,5	14,211±0,499 ^{Bb2}	19,492±0,459 ^{Ba2}	21,923±2,907 ^{Ba2}
ŞSİZ P1	13,651±1,264 ^{Bb2}	17,203±1,710 ^{Cab2}	18,645±1,577 ^{Ba2}
ŞSİZ P2,5	6,198±0,157 ^{Cc3}	7,968±0,140 ^{Db3}	9,349±0,524 ^{Ca3}

Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$).

Aynı satırda aynı küçük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$).

Aynı örnek grubu içinde aynı üssel rakama sahip sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$).

K: Kontrol; ŞLİ: Şekerli; ŞSİZ: Şekersiz; P: Propolis; 0, 0,5, 1, 2,5: Propolis katkı yüzdesi.

Son olarak tüm grupların kendi aralarında depolama süresine karşılık sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri arasında yapılan Pearson korelasyon testine göre, kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplara ait korelasyon katsayıları sırasıyla $r = 0,997$, $r = 0,988$ ve $r = 0,946$ olarak bulunmuştur ($p<0,01$, tek yönlü). Bu sonuca göre, gruplarda depolama süresince elde edilen sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri arasında pozitif yönde oldukça yüksek bir ilişkinin olduğu net bir şekilde ifade edilebilir.

Kohesivlik parametresi açısından bir değerlendirme yapıldığında, en yüksek değerlerin yine kenger sakızlı şekersiz örneklerde olduğu görülmektedir (Çizelge 3.17). Kenger sakızlı şekerli grup ile kontrol grubunda ise 0. ve 75. günlerde şekerli örneklerin kohesivlik

değerlerinin kontrol örneklerine göre daha yüksek olduğu ($p<0,05$), buna karşın 150. günde her iki gruba ait örneklerin kohesivlik değerleri arasında önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Daha önce ifade edildiği üzere, literatürde çeşitli ürünlerde yapılan tekstür analizleri ve elde edilen sonuçlara göre, ürünün kohesivliği/bağlılığı ile nem içeriği arasında pozitif yönde bir ilişkinin yani doğru orantının olduğunu belirten kaynaklar mevcuttur (Al-Muhtaseb vd., 2013; Zheng vd., 2016). Çalışmamızda elde edilen sonuçlar bu kapsama göre değerlendirildiğinde, propolis miktarının örneklerin su aktivitesinde artışa neden olmasına bağlı olarak kohesivlik değerlerini de arttırdığı, öte yandan depolama süresine bağlı olarak örneklerin su aktivitesindeki düşüşe paralel seyrinde kohesivlik değerlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.17. 20±2°C'de muhafaza edilen propolisli örneklerin kohesivlik değerleri

ÖRNEK	Kohesivlik (Cohesiveness, bağlılık)		
	0. gün	75. gün	150.gün
K P0	0,137±0,014 ^{FGa3}	0,117±0,006 ^{Dab2}	0,100±0,006 ^{Bb2}
K P0,5	0,123±0,009 ^{Ga23}	0,116±0,006 ^{Dab2}	0,106±0,005 ^{Bb12}
K P1	0,154±0,008 ^{FGa2}	0,114±0,003 ^{Dab2}	0,103±0,006 ^{Bb2}
K P2,5	0,198±0,009 ^{DEa1}	0,160±0,007 ^{Cb1}	0,118±0,002 ^{Bc1}
ŞLİ P0	0,175±0,017 ^{EFa3}	0,123±0,003 ^{Db2}	0,108±0,004 ^{Bb1}
ŞLİ P0,5	0,205±0,015 ^{CDEa23}	0,131±0,008 ^{CDb12}	0,111±0,013 ^{Bb1}
ŞLİ P1	0,225±0,011 ^{CDa12}	0,138±0,005 ^{CDb12}	0,125±0,015 ^{Bb1}
ŞLİ P2,5	0,246±0,017 ^{Ca1}	0,156±0,017 ^{Cb1}	0,131±0,019 ^{Bb1}
ŞSİZ P0	0,419±0,009 ^{Aa1}	0,282±0,014 ^{Ab1}	0,277±0,022 ^{Ab1}
ŞSİZ P0,5	0,321±0,014 ^{Ba2}	0,240±0,011 ^{Bb2}	0,239±0,026 ^{Ab1}
ŞSİZ P1	0,332±0,027 ^{Ba2}	0,263±0,012 ^{ABb12}	0,238±0,020 ^{Ab1}
ŞSİZ P2,5	0,290±0,014 ^{Ba2}	0,245±0,014 ^{Bab2}	0,259±0,022 ^{Ab1}

Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$).

Aynı satırda aynı küçük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$).

Aynı örnek grubu içinde aynı üssel rakama sahip sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$).

K: Kontrol; ŞLİ: Şekerli; ŞSİZ: Şekersiz; P: Propolis; 0, 0,5, 1, 2,5: Propolis katkı yüzdesi.

Nitekim, depolama süresine karşılık grupların su aktiviteleri ve kohesivlik değerleri arasında yapılan Pearson korelasyon testinde de, kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplara ait korelasyon katsayısının sırasıyla $r = 0,706$, $r = 0,944$ ve $r = 0,695$ olduğu tespit edilmiştir ($p<0,01$, tek yönlü). Bu sonuca göre, propolis ilave edilerek üretilen örneklerin enstrümantal kohesivlik değerleri ile su aktiviteleri arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişkinin olduğu ifade edilebilir.

Çizelge 3.18'de görüldüğü üzere, depolama süresi boyunca yapışkanlık parametresi açısından en yüksek değerler kenger sakızlı şekerli örneklerde tespit edilirken ($p<0,05$), kontrol ve kenger sakızlı şekerli örneklerin yapışkanlık değerleri arasında önemli farklılık olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).

Çizelge 3.18. 20±2°C'de muhafaza edilen propolisli örneklerin yapışkanlık değerleri

ÖRNEK	Yapışkanlık (Adhesiveness, N.s)		
	0. gün	75. gün	150.gün
K P0	-0,119±0,003 ^{Da3}	-0,094±0,002 ^{Db2}	-0,040±0,002 ^{Dc2}
K P0,5	-0,125±0,002 ^{Da3}	-0,077±0,002 ^{Db3}	-0,044±0,004 ^{Dc2}
K P1	-0,146±0,006 ^{Da2}	-0,082±0,002 ^{Db3}	-0,052±0,002 ^{Dc1}
K P2,5	-0,167±0,008 ^{Da1}	-0,105±0,001 ^{Db1}	-0,043±0,000 ^{Dc2}
ŞLİ P0	-0,189±0,001 ^{Da4}	-0,162±0,002 ^{Db2}	-0,120±0,002 ^{Dc2}
ŞLİ P0,5	-0,202±0,001 ^{Da3}	-0,122±0,001 ^{Db4}	-0,101±0,002 ^{Dc3}
ŞLİ P1	-0,224±0,001 ^{Da2}	-0,140±0,002 ^{Db3}	-0,124±0,002 ^{Dc2}
ŞLİ P2,5	-0,253±0,001 ^{Da1}	-0,169±0,002 ^{Db1}	-0,152±0,001 ^{Dc1}
ŞSİZ P0	-2,577±0,173 ^{ABa1}	-2,560±0,272 ^{Aa1}	-2,317±0,132 ^{Aa1}
ŞSİZ P0,5	-2,828±0,166 ^{Aa1}	-2,461±0,140 ^{ABab1}	-2,073±0,210 ^{ABb12}
ŞSİZ P1	-2,431±0,295 ^{Ba1}	-2,219±0,147 ^{Bab1}	-1,843±0,102 ^{Bb2}
ŞSİZ P2,5	-1,764±0,229 ^{Ca2}	-1,303±0,110 ^{Cb2}	-1,222±0,162 ^{Cb3}

Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$).

Aynı satırda aynı küçük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$).

Aynı örnek grubu içinde aynı üssel rakama sahip sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0,05$).

K: Kontrol; ŞLİ: Şekerli; ŞSİZ: Şekersiz; P: Propolis; 0, 0,5, 1, 2,5: Propolis katkı yüzdesi.

Ürün formülasyonunda propolis miktarı arttıkça kontrol ve kenger sakızlı şekerli örneklerin yapışkanlık değeri sayısal olarak artış gösterirken, kenger sakızlı şekerli örneklerin yapışkanlık değerlerinde azalma meydana gelmiştir ($p<0,05$). Diğer yandan elde edilen sonuçlara göre, depolama süresine karşılık örneklerin su aktivitesindeki azalmaya bağlı olarak yapışkanlık değerlerinin de azaldığı ifade edilebilir. Altınok vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada toffee tipi yumuşak şekerlemelere farklı partikül boyutunda üzüm çekirdeği ve kabuk tozu ilavesinin kontrol grubuna kıyasla örneklerin yapışkanlık değerinin daha düşük çıkmasına neden olduğu belirlenmiştir.

Son olarak esneklik açısından bir değerlendirme yapılırsa, üretimin başlangıcından depolama süresi sonuna kadar olan tüm süreçte en yüksek değerlerin kenger sakızlı şekerli örneklerde ait olduğu görülmektedir (Çizelge 3.19) ($p<0,05$). Kenger sakızlı şekerli grup ile kontrol grubunda ise 0. ve 150. günlerde kontrol örneklerinin esneklik değerleri şekerli örneklerle göre daha yüksek olup ($p<0,05$), 75. günde her iki gruba ait örneklerin esneklik değerleri arasında önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).

Çizelge 3.19. 20±2°C'de muhafaza edilen propolisli örneklerin esneklik değerleri

ÖRNEK	Esneklik (Resilience)		
	0. gün	75. gün	150.gün
K P0	0,025±0,001 ^{Ba1}	0,024±0,001 ^{Ba1}	0,025±0,000 ^{Ca1}
K P0,5	0,026±0,001 ^{Ba1}	0,024±0,000 ^{Bab12}	0,024±0,001 ^{Cab12}
K P1	0,025±0,001 ^{Ba1}	0,024±0,000 ^{Bb12}	0,023±0,001 ^{Cdb2}
K P2,5	0,026±0,000 ^{Ba1}	0,023±0,001 ^{Bb2}	0,021±0,000 ^{CDEc3}
ŞLİ P0	0,018±0,001 ^{Ca1}	0,017±0,001 ^{Bab1}	0,016±0,001 ^{DEb1}
ŞLİ P0,5	0,018±0,001 ^{Ca1}	0,016±0,000 ^{Bb1}	0,016±0,001 ^{DEb1}
ŞLİ P1	0,017±0,001 ^{Ca1}	0,017±0,001 ^{Ba1}	0,016±0,001 ^{DEa1}
ŞLİ P2,5	0,018±0,001 ^{Ca1}	0,015±0,001 ^{Bb1}	0,015±0,001 ^{Eb1}
ŞSİZ P0	0,040±0,003 ^{Ab1}	0,047±0,002 ^{Aa1}	0,046±0,004 ^{ABab1}
ŞSİZ P0,5	0,034±0,001 ^{Ab12}	0,047±0,008 ^{Aa1}	0,043±0,002 ^{ABab1}
ŞSİZ P1	0,034±0,005 ^{Ab12}	0,040±0,004 ^{Aab1}	0,050±0,008 ^{Aa1}
ŞSİZ P2,5	0,028±0,001 ^{Bb2}	0,050±0,007 ^{Aa1}	0,041±0,001 ^{Ba1}

Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı satırda aynı küçük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı örnek grubu içinde aynı üssel rakama sahip sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

K: Kontrol; ŞLİ: Şekerli; ŞSİZ: Şekersiz; P: Propolis; 0, 0,5, 1, 2,5: Propolis katkı yüzdesi.

İlk gün analizlerinde, propolis miktarı kontrol ve kenger sakızlı şekerli örneklerin kendi içerisindeki esneklik değerlerinde önemli bir farklılık oluşturmazken ($p > 0,05$), kenger sakızlı şekersiz grupta %2,5 oranında propolis ilavesi esneklikte ciddi bir düşüşe neden olmuştur ($p < 0,05$). Elde edilen sonuçlara göre, depolama süresine bağlı olarak kenger sakızlı şekerli grup ile kontrol grubuna ait örneklerin esneklik değerlerinde önemli bir değişiklik gözlenmezken, şekersiz grupta yer alan örneklerin değerlerinde ise hafif bir artış olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$).

3.6 DSC Analizi Sonuçları

3.6.1 Fikosiyaninli Örneklerin Tg (°C) Değerleri

Araştırmamızda fikosiyaninli örneklerin Tg (°C) midpoint değerleri Çizelge 3.20'de verilmiştir. Çizelge 3.20'de görüldüğü üzere, en yüksek Tg (°C) değerleri kontrol grubu örneklerde (1,31±0,58°C ile 1,72±1,66°C arasında) olup, bu örnekleri sırasıyla kenger sakızlı şekerli örnekler (-2,08±0,81°C ile -0,89±0,35°C arasında) ve kenger sakızlı şekersiz örnekler (-23,54±1,13°C ile -22,51±1,23°C arasında) takip etmektedir ($p < 0,05$). Tüm gruplarda, bileşimde farklı oranlarda fikosiyanin kullanımının Tg (°C) değeri üzerinde farklılık oluşturmadağı belirlenmiştir ($p > 0,05$).

Çizelge 3.20. Fikosiyaninli yumuşak şekerleme örneklerinin Tg (°C) değerleri

ÖRNEK	K F0	K F0,1	K F0,3	K F0,5
Tg (°C)	1,36±1,07 ^{Aa}	1,31±0,58 ^{Aa}	1,51±1,29 ^{Aa}	1,72±1,66 ^{Aa}
ÖRNEK	ŞLİ F0	ŞLİ F0,1	ŞLİ F0,3	ŞLİ F0,5
Tg (°C)	-0,89±0,35 ^{Ba}	-2,08±0,81 ^{Ba}	-1,74±0,80 ^{Ba}	-1,20±0,85 ^{Ba}
ÖRNEK	ŞSİZ F0	ŞSİZ F0,1	ŞSİZ F0,3	ŞSİZ F0,5
Tg (°C)	-23,31±0,76 ^{Ca}	-22,51±1,23 ^{Ca}	-23,54±1,13 ^{Ca}	-23,37±0,87 ^{Ca}

Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı satırda aynı küçük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

K: Kontrol; ŞLİ: Şekerli; ŞSİZ: Şekersiz; F: Fikosiyanin; 0, 0,1, 0,3, 0,5: Fikosiyanin katkı yüzdesi.

Şekerleme ürünlerinin benzersiz bir özelliği, birçok fiziksel ve tekstürel yapıda olmaları ve bunun da duyuşal özellikler üzerinde derin bir etki yaratmasıdır. Her şekerleme türünün kendi temel formülasyonu ve tipik işleme yöntemi bulunmaktadır. Bu durum, söz konusu sektörde spesifik tekstürel özelliklere sahip çok çeşitli ürün üretimini sağlamaktadır. Ürün tekstürü ise; nem içeriği, su aktivitesi, kristal içeriği (taneli olup olmaması), pişirme sıcaklığı, formülasyon ve termal davranış parametreleri gibi pek çok faktörden etkilenmektedir. Termal davranış parametrelerinden olan "camsı geçiş sıcaklığı (Tg)", şekerlemelerin fiziksel özelliklerini belirleyen önemli faktörlerden biridir. Burada adı geçen camsılık durumu, amorf bir katı veya yarı kristal bir katının amorf kısmı olarak tanımlanabilir. Gıdalar açısından bakıldığında, ürün nem içeriğini minimize etmek ve katı konsantrasyonunu artırmak için pişirme, konsantrasyon, kurutma ve ekstrüzyon gibi proseslerle kısmen ya da tamamen amorf yapıya sahip olmaktadır. Bilindiği üzere, amorf materyaller yeterince düşük sıcaklıklarda cam gibi sert (glassy) ve kırılğan olup, ısıtıldıklarında camsı geçiş sıcaklığı (Tg) denilen bir sıcaklıkta yumuşayarak kauçukumsu (rubbery) özellikler gösterirler. Diğer bir ifadeyle, camsı geçiş sıcaklığı (Tg), amorf bir malzemenin camsı durumdan kauçuksu duruma geçiş yaptığı (veya tam tersi) sıcaklık aralığı olarak tanımlanabilir (Ergun vd., 2010; Wang, 2017).

Gıda bileşenlerinden karbonhidratlar ve proteinler camsılığa geçiş göstermekte ve bu nedenle hal değişimini etkilemektedirler (Kılıç ve Evranuz, 2006). Tg değeri birçok faktöre bağlı olup; özellikle ürünün su içeriği, molekül ağırlığı ve kuru madde miktarı ile yakından ilişkilidir. Örneğin, su plastikleştirici bir bileşen olduğundan, ürünün su miktarı arttıkça Tg değeri düşer. Sabit sıcaklıkta havadan nem çeken bir üründe Tg değeri bu nedenle azalır. Molekül ağırlığı açısından bakıldığında, sakkarozun Tg değeri 62°C ile 70°C iken, glikozun

Tg orta noktası yaklaşık 37°C'dir (Ergun vd., 2010; Wungtanagorn ve Schmidt, 2001). Ancak moleküler ağırlığın Tg'yi etkileyen tek faktör olmadığı da unutulmamalıdır, mesela aynı moleküler ağırlığa sahip fruktoz ve glikozun Tg orta noktası sırasıyla 5°C ve 37°C'dir (Wungtanagorn ve Schmidt, 2001). Ek olarak, Tg, ısıtma sırasında meydana gelen termal ayrışmanın boyutundan da etkilenir (Lee, Thomas ve Schmidt, 2011). Diğer bir ifadeyle, ısı işlem, sakkarozdan daha düşük moleküler ağırlığa sahip termal bozunma bileşiklerinin oluşmasına yol açarak Tg'yi azaltır (Wang, 2017).

İkinci dereceden bir faz değişimi olan camsı geçiş, gıdaların tekstürel değişimlerini açıklayan bir teoridir. Tg genellikle gıda ürünlerinin özelliklerinin, stabilitesinin ve güvenliğinin bir göstergesi olarak görülmektedir. Bu kapsamda, Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (Differential Scanning Calorimetry, DSC) tekniği, Tg'yi ölçmek için en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir (Tan ve Kerr, 2017). DSC tekniğinde, değişen sıcaklıkla birlikte hem referans hem de numune krozesine (DSC pan) aktarılan ısı farkı milivolt olarak algılanır ve buradan krozedeki numunenin aldığı veya verdiği ısı kayıt edilir. Bu sayede elde edilen termogramlar üzerinden de örneklerin Tg, erime ve kristallenme pikleri hatta dekompozisyon eğrisi incelenerek bir yorumlama ve değerlendirme yapılır. Camsı geçişte erime ve kristallenme gibi gizli ısının söz konusu olduğu birinci dereceden değişimlere benzer ne bir dip ne de bir pik gözlenir. Çünkü camsı geçiş belli bir sıcaklık aralığında gerçekleşir, hatta bazı kompleks matrikslerde birden fazla Tg de yer alabilir. Dolayısıyla, bu sıcaklığın belirlenmesi biraz ihtiyatlı olmayı gerektirerek değerlendirmesi yapılan termogramlarda Tg değeri genellikle sigmoidal değişimin (bükülme noktasının) olduğu yer olarak rapor edilir ve bu değişim noktasının başlangıç (onset), orta (midpoint) ve/veya bitiş (endset) kısımları söz konusu aralığı belirtmek için kullanılabilir (Hartel, Ergun ve Vogel, 2011; Kalichevsky-Dong, 2000).

Literatürde yumuşak şekerlemelerde özellikle toffee tipi ürünlerin Tg değerlerine dair yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Wang (2017) tarafından yapılan ve çeşitli ticari şekerleme ürünlerinin termal davranışının incelendiği tez çalışmasında; Salt Water Taffy (a_w : 0,459), Laffy Taffy (a_w : 0,431), Toffee (a_w : 0,440), Jolly Rancher (a_w : 0,276) gibi yüksek ticari değere sahip yumuşak şekerleme ürünlerinin Tg onset değerleri sırasıyla -17,03±1,69°C, -16,05±2,34°C, -18,70±1,98°C ve 9,36±2,54°C olarak, Tg midpoint değerleri ise sırasıyla -7,86±0,94°C, -6,16±2,25°C, -5,81±0,80°C ve 23,49±0,55°C şeklinde tespit edilmiştir. Kalichevsky-Dong (2000), bazı durumlarda özellikle artan moleküler ağırlık ve formülasyon

karmaşıklığı nedeniyle Tg değeri aralığının genişleyip yaklaşık 40°C'ye kadar yayılabileceğinden, saptanmasının giderek zorlaşacağını ifade etmiştir. Nitekim, bir şekerlemenin Tg değeri, bileşenlerin bireysel Tg değerlerinin karışımını yansıtacağı ortadadır ve bu nedenle ürün formülasyonuna sakkarozun ötesinde ilave edilen amorf malzemeler Tg değerinin farklılaşmasına neden olabilir. Bu nedenle çalışmamızda grupların termal davranışına dair tespit edilen farklılığın, öncelikle ürünlerin formülasyon değişikliğinden kaynaklandığı belirtilebilir. Diğer yandan Tg değeri; moleküler dallanma, kristal oranı, test örneğinin hazırlanış şekli, analiz yöntemi, analiz esnasında tercih edilen ısıtma veya soğutma hızı gibi faktörlerden de etkilenmektedir. Bu nedenle, Çizelge 3.20'de verilen sonuçların kabul edilen, diğer bir ifadeyle varsayılan değerler olduğu da unutulmamalıdır.

Son olarak, Tg değeri şekerleme ürünlerinde duyuşal özelliklerin karakterize edilmesi için de kullanılabilir. Örneğin, düşük Tg değerine sahip bir şekerleme, oda veya ağız sıcaklığında duyuşal olarak yumuşak ve elastik algı verirken (Kasapis, 2008) yüksek Tg değeri, oda veya ağız sıcaklığında sert ve kırılğan bir tekstür ile ilişkilendirilmektedir. Diğer yandan, gıdaların depolama sıcaklıkları Tg değerinin üzerine çıktıkça stabiliteleri azalır ve üründe yapışkanlık, çökme ve kristallenme gibi istenmeyen yapısal dönüşümler meydana gelebilir. Buna karşın ortam sıcaklığı Tg'ye yaklaştıkça ve altına indikçe stabilite artmaktadır (Hartel vd., 2011). Benzer şekilde, Ergun vd. (2010) sert şekerlemelerin oda sıcaklığından çok daha yüksek bir Tg'ye sahip olması gerektiğini, böylece çeşitli ortam sıcaklıklarında arzu edilen kırılğanlıklarını ve sert tekstürlerini koruyabileceğini, yumuşak şekerlemelerin ise oda sıcaklığından daha düşük bir Tg'ye sahip olup, dolayısıyla çiğnenebilir bir yapı sergilediklerini belirtmişlerdir.

3.6.2 Propolisli Örneklerin Tg (°C) Değerleri

Propolisli yumuşak şekerleme örneklerinde DSC analizi ile elde edilen termogramların değerlendirilmesi sonucu tespiti yapılan Tg (°C) değerleri Çizelge 3.21'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, propolisli örneklerde en yüksek Tg (°C) değerleri yine kontrol grubu örneklerde (-3,00±0,01°C ile -16,45±0,56°C arasında) olup, bu örnekleri sırasıyla kenger sakızlı şekerli örnekler (-7,72±0,27°C ile -14,63±0,12°C arasında) ve kenger sakızlı şekersiz örnekler (-36,28±0,89°C ile -41,39±0,70°C arasında) takip etmektedir (p<0,05). Fikosiyaninli çalışmanın aksine, propolisli örneklerde bileşime %0,5, %1 ve %2,5 oranlarındaki laktik asit bazlı propolis ilavesi, örneklerin Tg (°C) değerlerinin düşmesine neden olmuştur (p<0,05).

Çizelge 3.21. Propolisli yumuşak şekerleme örneklerinin Tg (°C) değerleri

ÖRNEK	K P0	K P0,5	K P1	K P2,5
Tg (°C)	-3,00±0,23 ^{Aa}	-6,41±0,12 ^{Ab}	-6,59±0,19 ^{Ab}	-16,45±0,56 ^{Ac}
ÖRNEK	ŞLİ P0	ŞLİ P0,5	ŞLİ P1	ŞLİ P2,5
Tg (°C)	-7,72±0,27 ^{Ba}	-8,50±0,19 ^{Ba}	-9,65±0,37 ^{Bb}	-14,63±0,12 ^{Ac}
ÖRNEK	ŞSİZ P0	ŞSİZ P0,5	ŞSİZ P1	ŞSİZ P2,5
Tg (°C)	-36,28±0,89 ^{Ca}	-36,78±0,77 ^{Ca}	-38,65±1,89 ^{Cab}	-41,39±0,70 ^{Bc}

Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

Aynı satırda aynı küçük harfle gösterilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p > 0,05$).

K: Kontrol; ŞLİ: Şekerli; ŞSİZ: Şekersiz; P: Propolis; 0, 0,5, 1, 2,5: Propolis katkı yüzdesi.

Şekerleme ürünlerinin termal davranışı, özellikle şekerleme tekstürü ve stabilitesi üzerindeki etkisini belirlemektedir. Daha önce de ifade edildiği üzere, bir ürünün nem içeriği ile Tg değeri arasında ters orantı bulunmaktadır. Bu bakımdan yüksek nem ve düşük Tg değeri ürünlerde sertleşmeye ve istenmeyen kristallenmeye neden olabilmektedir (Wang, Zhou ve Isabelle, 2007). Bu kapsamda, propolisli yumuşak şekerleme örneklerinde, ilk gün tespit edilen su aktivitesi değerleri ile Çizelge 3.21'de kaydedilen Tg değerleri arasında yapılan Pearson korelasyon testinde, kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplara ait korelasyon katsayısının sırasıyla $r = -0,924$ ($p < 0,05$, tek yönlü), $r = -0,914$ ($p < 0,05$, tek yönlü) ve $r = -0,987$ ($p < 0,01$, tek yönlü) olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca göre, propolis ilave edilerek üretilen yumuşak şekerleme örneklerinin Tg değerleri ile su aktiviteleri arasında negatif yönde oldukça anlamlı bir ilişkinin olduğu ifade edilebilir. Buradan hareketle, özellikle kenger sakızlı şekersiz örneklerde iyi bir ambalajlama ile birlikte depolama koşullarına dikkat edilmesinin önemli olduğu sonucuna varılabilir.

3.7 Duyusal Analiz Sonuçları

3.7.1 Fikosiyaninli Örneklerin Duyusal Özellikleri

Gıdaları ekonomik, sürdürülebilirlik, sağlık ve diyetle ilgili hususlara dayalı olarak yeniden formüle etme çalışmalarında enstrümantal analizler ve duyusal testler, ürün yapısının beklentilere uygun olup olmadığının tespitinde oldukça önemlidir (Foegeding, Vinyard, Essick, Guest ve Campbell, 2015). Bu bağlamda, duyusal değerlendirmelerin dikkatli bir şekilde koordine edildiği takdirde yeni ürün geliştirmede belirleyici analizler olduğu ifade edilmektedir (Barrett, Beaulieu ve Shewfelt, 2010). Günümüzde, gıdaların duyusal özellikleri ve tüketim açısından kabul edilebilirliği ile ilgili hem nitel hem de nicel bilgileri ortaya

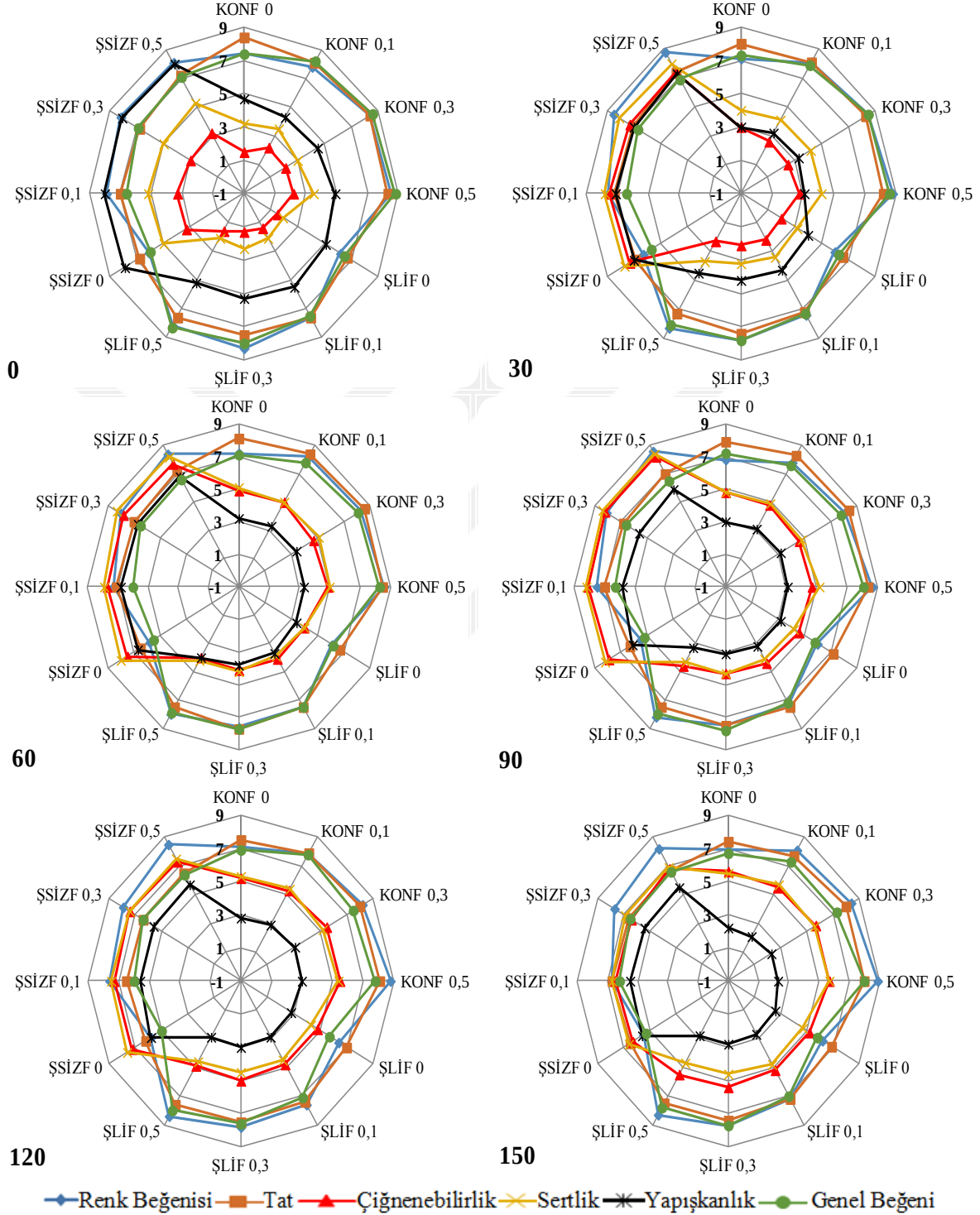
çıkarmak için kullanılabilecek bir dizi yaklaşım vardır (Murray ve Baxter, 2003). Özellikle, tüketici tercih testleri ile birleştirilmiş tanımlayıcı duysal analizler, kabul edilebilirliği sağlayan özelliklerin göreceli önemini ortaya koyabilir (Barrett vd., 2010). Bu nedenle yumuşak şekerleme ürünleri ile ilgili reformülasyon çalışmalarında başarılı bir sonuca ulaşabilmek için panelistler tarafından deneyimlenen duysal analizler ile birlikte çeşitli yaklaşımlar kullanılarak ürünlerin karakteristik özelliklerine ilişkin verilerin toplanması ve bunların pazarlama stratejileri açısından değerlendirilmesi gerekmektedir. Burey vd. (2009)'nin belirttiği gibi, tüketici tarafından kabul edilebilir bir ürün üretiminin önemini kabul etmek ve beklentiye tam manasıyla karşılayabilen bu ürünlerin sahip olduğu tekstürel veya duysal özelliklerin formülasyon manipülasyonu ve üretim tekniklerinde yapılacak değişiklikler yoluyla nasıl ortaya çıktığını anlamak oldukça elzemdir.

Çalışmamızda, $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilen fikosiyaninli kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz yumuşak şekerleme ürünlerinin 5 aylık duysal analizlerine ait veriler spider chart diyagram kullanılarak Şekil 3.8'te verilmiş olup depolama süresince duysal özelliklerin nasıl değiştiği gözlenmiştir. Buna göre Şekil 3.8 incelendiğinde, renk beğenisi açısından gruplarda öncelikle fikosiyaninsiz (%0) örneklerin, depolama süresi boyunca kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerde sırasıyla "6,8-7,4", "6,0-6,4" ve "5,5-6,3" arasında değişen puanlar aldığı belirlenmiştir.

Bu sonuçlardan hareketle renk beğenisi açısından fikosiyanin içermeyen kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin kontrol örneğinden daha düşük puanlar aldığı, bu duruma kenger sakızının kendine özgü bir renginin ve aynı zamanda kenger sakızlı formülasyonların oldukça sade olmasının neden olduğu ifade edilebilir. Bununla birlikte her 3 grupta da yumuşak şekerleme formülasyonunda renklendirici olarak fikosiyanin kullanımının panelistler tarafından beğenildiği ve tüm renkli örneklerde 5 aylık depolama süresi boyunca renk beğenisinin değişmeyerek kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz renkli örneklerde sırasıyla "7,8-8,9", "7,2-8,4" ve "6,7-8,8" arasında değişen yüksek skorlar aldığı tespit edilmiştir.

Bununla birlikte tüm gruplarda şekerleme formülasyonunda fikosiyanin kullanım miktarı arttıkça (%0, %0,1, %0,3 ve %0,5) görsel olarak mavi renk yoğunluğu da artan örneklerin panelistler tarafından daha çok beğenildiği ve buna paralel olarak renk beğenisinin de arttığı tespit edilmiştir. Bu duruma yönelik olarak yapılan Pearson korelasyon testinde de,

depolama süresince fikosiyanin miktarı ile renk beğenisi arasındaki korelasyon katsayısının kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplarda sırasıyla $r = 0,897$, $r = 0,876$ ve $r = 0,857$ şeklinde oldukça yüksek seviyede olduğu bulunmuştur ($p < 0,01$, tek yönlü).



Şekil 3.8. $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de muhafaza edilen fikosiyaninli örneklerin 5 ay boyunca sırasıyla 0., 30., 60., 90., 120. ve 150. günlerde yapılan duyu analizi sonuçları

K: Kontrol; ŞLİ: Şekerli; ŞSİZ: Şekersiz; F: Fikosiyanin; 0; 0,1; 0,3; 0,5: Fikosiyanin katkı yüzdesi.

Son olarak, enstrümantal renk analizlerinde de belirlendiği üzere, 20±2°C'de 5 ay depolanan örneklerde aylık periyotlarla yapılan duysal analizlerde fikosiyaninli tüm örneklerin renk beğenisi skorlarında önemli bir düşüş yaşanmadığı ve bu sonuca göre doğal bir materyal olan fikosiyaninin yumuşak şekerleme matriksi ile çok iyi uyum sağladığı, üretim prosesine dikkat edildiği takdirde bu şekilde üretilen yumuşak şekerlemelerin tüketim öncesi oda sıcaklığındaki market raflarında doğal mavi rengini uzun süre muhafaza ederek stabil kalacağı belirtilebilir.

Hiç şüphesiz, gıda ürünlerinin görünümü, tüketici tercihlerini büyük ölçüde etkiler ve ürünün kabul edilebilirliği konusunda ipuçları sağlar (Maina, 2018; Murray ve Baxter, 2003). Renk, kabul edilebilirliği, tat eşiklerini, tat algısını ve arzu edilen beklentiyi etkiler (Murray ve Baxter, 2003). Bu bağlamda, yaptığımız çalışmada kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz tüm renkli gruplarda genel bir eğilim olarak ürün bileşiminde fikosiyanin kullanım miktarının artışına bağlı olarak örneklerde artan mavi rengin panelistlerin beğenisini kazandığı gözlenmiştir. Literatürde daha önce belirtildiği üzere farklı yumuşak şekerleme ürünlerinin üretiminde fikosiyanin kullanımına dair yapılmış ayrıntılı çalışma(lar) henüz bulunmamaktadır. Sadece, Dewi vd. (2018) kaplama (duvar) materyali olarak maltodekstrin ve Na-aljinat kullanarak püskürterek kurutma tekniği ile enkapsüle ettikleri fikosiyanini jelly tipi yumuşak şekerleme ürününde kullanmışlar, ancak yapılan çalışmada üretilen ürünlerin tekstürel, duysal, reolojik özelliklerine dair incelemeler yapılmamıştır. Bu nedenle, benzer bir amaç güdülen ancak farklı doğal bileşenlerin yumuşak şekerlemelere ilave edildiği başka çalışmalar ile kıyaslamalar yapılırsa, Hani, Romli ve Ahmad (2015) kırmızı pitaya (Ejder meyvesi, *Hylocereus polyrhizus*) meyve püresi kullanımının jelatin ve yüksek metoksilli pektin bazlı jelly tipi yumuşak şekerlemelerin kalitesi üzerine yaptıkları araştırmada duysal analizler neticesinde kırmızı pitaya meyvesinden elde edilen pürenin bu tip ürünlerde doğal canlı kırmızı renk sağlaması açısından büyük bir potansiyel barındırdığını ileri sürmüşlerdir. Altınok vd. (2020)'nin yaptıkları başka bir çalışmada ise; toffee tipi yumuşak şekerlemelerde hacim arttırıcı olarak üzüm yan ürünleri (çekirdek ve kabuk tozu) kullanımında parçacık boyutunun etkisi incelenmiştir. Söz konusu reformülasyon çalışmasında, üzüm çekirdeği ve üzüm kabuğu tozunda partikül boyutu arttıkça (100, 415 µm) örneklerin görünümü panelistler tarafından düşük skorla değerlendirilmiştir. Çalışma neticesinde, üzüm türevi bileşenlerin ürünlere renk kazandırma özellikleri açısından düşük partikül boyutlarındaki (100 ve 200 µm gibi) kullanımlarının daha avantajlı olabileceği ifade edilmiştir. Kumar, Chauhan ve Giridhar

(2020) tarafından yapılan çalışmada da *Basella rubra* L. (Malabar ısıpanağı) meyvelerinin suyundan elde edilen betalainlerin pektin bazlı yumuşak şekerlemelerde kullanımının ürünlere kazandırdığı renk ve görünüm panelistler tarafından beğenilmiş olup, termal açıdan stabil bir doğal renklendirici olarak bu betalainlerin gıda endüstrisinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Yumuşak şekerlemelerde fikosiyanin kullanımı ile alakalı kısımda duyuşal değerdendirmeş yapılan bir diğerd parametredde, tatlılık optimizasyonu yapılmış kenger sakızlı şekerli gruptaki ördneklerin tat beğenisini (6,6-7,7) ile kenger sakızlı şekerşiz gruptaki ördneklerin tat beğenisinin (6,2-7,4) kontrol grubuna ait ördneklerin tat beğenisinden (7,4-8,6) biraz daha düşük skorlar aldığı tespit edilmiştir. Bu duruma, kontrol grubundan formülasyon gereğı farklı olan şekerli ve şekerşiz gruptardaki ördneklerin kendine özgü aroması bulunan kenger sakızı ve squalen içermesinin neden olduğı belirtilebilir. Fikosiyanin ilavesinin ürdnlerin tadını olumsuz yönde etkilemediğı, aksine doğal mavi renk yoğunluğu arttıkça bu durumun ürdnlerin tat beğenisinde sinerjistik bir etki yaratarak skorlarda genel bir artış sağladığı görölmüşür. Bu tip yeni ürdn geliştirme çalışmalarıda formülasyona ilave edilen her yeni bileşenin ürdne ne gibi özellikler kazandıracağıının belirlenmesi oldukça önemlidir. Çalışmamızda bu durum, yapılan ön denemeler neticesinde tespit edilmiş olup, optimizasyon aşamasından sonra son ürdnlerin üretiminde fikosiyanin ilavesinin ördnklere kazandırdığı mavi renk ile özdeşleştirilebilmesi bakımından "yaban mersini" aroması kullanımı tercih edilmiş ve 9 ölçekli hedonik değerdendirmede kenger sakızlı şekerli ve şekerşiz fikosiyaninli ördneklerin tat beğenisinin Şekil 3.8'de göröldüğü üzere 6,4'ten başlayan kabul edilebilir skorlar almasını sağlamıştır.

Daha önce değinildiğı üzere, yumuşak şekerleme ördneklerinin depolama süresince nem kaybetmesine bağılı olarak sertlik ve çignenebilirlik değerdlerinde artış olduğı tekstür analizinde tespit edilmiş olup, söz konusu durum duyuşal değerdendirme sonuçlarında da gözlenmiştir. Birbiriyle yakından ilgili olan sertlik ve çignenebilirlik parametrelerinin yumuşak şekerlemelerin duyuşal analizinde Şekil 3.8'de göröldüğü üzere özellikle 60. günden itibaren benzer skorlar alarak diyagramlardaki sarı (duyuşal sertlik) ve kırmızı (duyuşal çignenebilirlik) işaretçilerin oluşturduğu çizgilerin çok net bir şekilde birbirine denk geldiğı görölmektedir. Fikosiyanin miktarına bağılı artışın gruplar içerisindeki ördneklerin duyuşal sertlik ve çignenebilirlik skorlarında anlamlı bir değışiklik oluşturmadığı tespit edilmiştir. Depolama süresince yapılan duyuşal değerdendirme sonuçlarına göre; kontrol grubundaki

örneklerde duyuşal sertlik skorları 3-3,5 puan aralığından 5,5-5,7 puan aralığına, kenger sakızlı şekerli gruptaki örneklerde ise 1,9-2,3 puan aralığından 4,6-4,8 puan aralığına yükselmiştir. Kenger sakızlı şekersiz grupta ise örneklerin 4. ve 5. aylarda nem kazanmasına bağılı olarak sertlik değerlerinde bu aylarda bir azalmanın olduğu duyuşal testlerde de tespit edilmiştir. Buna göre, şekersiz örneklerin başlangıç duyuşal sertlik skorları 5-5,3 puan aralığından 90. gün itibariyle 8,2-8,4 puan aralığına yükselmiş ve ardından 150. günde 6,6-6,9 puan aralığına gerilemiştir. Tüm bu sonuçlar incelendiğinde, depolama boyunca kenger sakızlı şekersiz örneklerin en yüksek puanları, kenger sakızlı şekerli örneklerin ise en düşük puanları aldığı net bir şekilde görülmektedir ($p < 0,05$). Bunlara ilave olarak, Pearson korelasyon testi ile depolama süresince tüm gruplardaki örneklerin duyuşal sertlik skorları ve tekstür analizi sonucunda elde edilen sertlik (hardness) verileri fikosiyanin kullanım düzeyine göre kendi aralarında değerlendirilmiş olup; kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplarda yer alan örnekler için r değerlerinin sırasıyla "0,807-0,875", "0,840-0,917" ve "0,670-0,722" arasında değiştiiği tespit edilmiştir (Çizelge 3.22).

Çizelge 3.22. Pearson korelasyon testi ile depolama süresince tüm grupların duyuşal sertlik skorları ile tekstür analiz sonuçlarının (hardness) ilişkisi

	Kontrol 0 D/ Kontrol 0 T	Kontrol 0,1 D/ Kontrol 0,1 T	Kontrol 0,3 D/ Kontrol 0,3 T	Kontrol 0,5 D/ Kontrol 0,5 T
r	0,807*	0,875*	0,811*	0,850*
p	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	Şekerli 0 D/ Şekerli 0 T	Şekerli 0,1 D/ Şekerli 0,1 T	Şekerli 0,3 D/ Şekerli 0,3 T	Şekerli 0,5 D/ Şekerli 0,5 T
r	0,889**	0,917**	0,889**	0,840*
p	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05
	Şekersiz 0 D/ Şekersiz 0 T	Şekersiz 0,1 D/ Şekersiz 0,1 T	Şekersiz 0,3 D/ Şekersiz 0,3 T	Şekersiz 0,5 D/ Şekersiz 0,5 T
r	0,722	0,692	0,670	0,680
p	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05

D: Duyusal analiz skoru, T: Tekstür analiz sonucu. 0, 0,1, 0,3, 0,5: Gruplarda örneklere katılan fikosiyanin doğal renk maddesi yüzdesi. * Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlıdır (one-tailed, tek yönlü). ** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır (one-tailed, tek yönlü).

Son olarak tüm duyuşal sertlik skorları ile tekstür analizi sonucunda elde edilen sertlik (hardness) verileri depolama zamanına göre bir arada kıyaslandığında; Pearson korelasyon katsayısının $r = 0,874$ olduğu belirlenmiştir ($p < 0,01$, tek yönlü). Çizelge 3.22'ye göre, özellikle kontrol ve kenger sakızlı şekerli örneklerin duyuşal sertlik skorları ile tekstürel

sertlik sonuçları arasında oldukça yüksek ve pozitif bir korelasyonun, kenger sakızlı şekerli örneklerin duyusal sertlik skorları ve tekstürel sertlik sonuçları arasında ise yine kayda değer nitelikte bir ilişkinin olduğu anlaşılmaktadır. Diğer bir deyişle, depolama süresince örneklerin tekstür analizinde tespit edilen sertlik değerlerinde artışa bağlı olarak duyusal sertlik skorlarının da aynı doğrultuda artış gösterdiği çok net bir şekilde ifade edilebilir.

Depolama süresince sertlik değerleri artan örneklerin, çiğnenebilirlik değerlerinde de artış olması beklenen bir durumdur. Bu bağlamda, duyusal sertlik sonuçlarında tespit edilen eğilime benzer olarak, ilk günden itibaren depolama süresince yapılan tüm duyusal değerlendirmelerde kontrol grubundaki örneklere ait duyusal çiğnenebilirlik skorları 1,5-2,2 puan aralığından 5,5-5,7 puan aralığına, kenger sakızlı şekerli gruptaki örneklerde 1,3-1,6 puan aralığından 5,2-5,5 puana aralığına yükselmiştir. Kenger sakızlı şekerli gruptaki örneklerin ise 4. ve 5. aylarda nem kazanmasına bağlı olarak bu aylarda duyusal çiğnenebilirlik değerlerinde bir azalma olduğu duyusal testlerde de tespit edilmiştir. Bu grupta örneklerin başlangıç çiğnenebilirlik skorları 3-3,3 puan aralığından 90. gün itibarıyla 7,9-8,2 puan aralığına yükselmiş ve ardından 150. günde 6,3-6,8 puan aralığına gerilemiştir. Tüm örnekler bir arada değerlendirildiğinde ise; duyusal çiğnenebilirlik açısından en yüksek skorlar kenger sakızlı şekerli örneklere, en düşük skorlar ise kenger sakızlı şekerli örneklere verilmiştir ($p<0,05$). Tüm gruplarda yer alan örneklerin depolama süresince elde edilen duyusal çiğnenebilirlik skorları ile tekstür analizinden elde edilen çiğnenebilirlik (chewiness) verileri fikosiyanın oranına göre kendi aralarında Pearson korelasyon testi ile karşılaştırıldığında; kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekerli gruplarda yer alan örnekler için r değerlerinin sırasıyla "0,864-0,918", "0,975-0,988" ve "0,798-0,837" arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 3.23). Bununla birlikte, çalışmada yer alan tüm renkli örneklerin duyusal çiğnenebilirlik skorları ile tekstür analizi sonucunda elde edilen çiğnenebilirlik verileri depolama zamanına göre bir arada kıyaslandığında Pearson korelasyon katsayısının $r = 0,787$ olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$, tek yönlü). Bu katsayılardan hareketle, tüm gruplardaki örneklerin çiğnenebilirlik parametresi için duyusal ve tekstür analiz sonuçları arasında oldukça yüksek ve pozitif bir korelasyonun olduğu, diğer bir ifadeyle depolama süresince örneklerin tekstür analizinde tespit edilen çiğnenebilirlik değerlerinde artışa bağlı olarak duyusal çiğnenebilirlik skorlarının da arttığı ifade edilebilir.

Çizelge 3.23. Pearson korelasyon testi ile depolama süresince tüm grupların duyusal çiğnenebilirlik skorları ile tekstür analiz sonuçlarının (chewiness) ilişkisi

	Kontrol 0 D/ Kontrol 0 T	Kontrol 0,1 D/ Kontrol 0,1 T	Kontrol 0,3 D/ Kontrol 0,3 T	Kontrol 0,5 D/ Kontrol 0,5 T
r	0,877*	0,864*	0,918**	0,917**
p	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01
	Şekerli 0 D/ Şekerli 0 T	Şekerli 0,1 D/ Şekerli 0,1 T	Şekerli 0,3 D/ Şekerli 0,3 T	Şekerli 0,5 D/ Şekerli 0,5 T
r	0,975**	0,976**	0,982**	0,988**
p	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Şekersiz 0 D/ Şekersiz 0 T	Şekersiz 0,1 D/ Şekersiz 0,1 T	Şekersiz 0,3 D/ Şekersiz 0,3 T	Şekersiz 0,5 D/ Şekersiz 0,5 T
r	0,803*	0,798*	0,837*	0,821*
p	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

D: Duyusal analiz skoru, T: Tekstür analiz sonucu. 0, 0,1, 0,3, 0,5: Gruplarda örneklerle katılan fikosiyanin doğal renk maddesi yüzdesi. * Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlıdır (one-tailed, tek yönlü). ** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır (one-tailed, tek yönlü).

Fikosiyanin içeren örneklerde yapılan duyusal analizlerde elde edilen diğer bir önemli nokta, depolama süresince en yüksek duyusal yapışkanlık skorlarının kenger sakızlı şekerli örneklerde (5,4-8,1) olmasıdır ($p<0,05$). Diğer yandan, formülasyona dahil edilen fikosiyanin miktarındaki artışın gruplar içerisindeki örneklerin duyusal yapışkanlık skorlarında belirli bir değişiklik yaratmadığı tespit edilmiştir. Ancak, panelistlerin değerlendirme sonuçlarına göre, 5 aylık depolama süresince tüm örneklerin duyusal yapışkanlık değerlerinde bir azalma olduğu belirlenmiştir. Diğer bir deyişle, 0. gün ve 150. günlerdeki duyusal yapışkanlık skorları kontrol grubundaki örneklerde 4,3-4,9 puan aralığından 2,1-2,3 puan aralığına, kenger sakızlı şekerli gruptaki örneklerde 5,1-5,5 puan aralığından 2,6-2,8 puan aralığına, kenger sakızlı şekerli gruptaki örneklerde ise 7,9-8,1 puan aralığından 5,4-5,6 puan aralığına düşmüştür. Pearson korelasyon testi kullanılarak depolama süresince tüm gruplardaki örneklerin duyusal yapışkanlık skorları ve tekstür analizi sonucunda elde edilen yapışkanlık (adhesiveness) verileri fikosiyanin miktarına göre kendi aralarında değerlendirildiğinde; kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekerli grupta yer alan örnekler için r değerlerinin sırasıyla "0,718-0,792", "0,956-0,977" ve "0,912-0,946" arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 3.24). Son olarak, tüm duyusal yapışkanlık skorları ile tekstür analizi sonucunda elde edilen yapışkanlık (adhesiveness) verileri depolama zamanına göre bir arada kıyaslandığında Pearson korelasyon katsayısının $r = 0,888$ olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$, tek yönlü). Bu

sonuçlara göre, örneklerin duyusal analiz verileri ile tekstür analizi sonuçları arasında oldukça yüksek ve pozitif bir korelasyonun olduğu, depolama süresince örneklerin tekstür analizinde tespit edilen yapışkanlık değerlerinde azalmaya bağlı olarak duyusal yapışkanlık skorlarının da aynı doğrultuda azaldığı çok net bir şekilde görülmektedir.

Çizelge 3.24. Pearson korelasyon testi ile depolama süresince tüm grupların duyusal yapışkanlık skorları ile tekstür analiz sonuçlarının (adhesiveness) ilişkisi

	Kontrol 0 D/ Kontrol 0 T	Kontrol 0,1 D/ Kontrol 0,1 T	Kontrol 0,3 D/ Kontrol 0,3 T	Kontrol 0,5 D/ Kontrol 0,5 T
r	0,733*	0,777*	0,792*	0,718
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05
	Şekerli 0 D/ Şekerli 0 T	Şekerli 0,1 D/ Şekerli 0,1 T	Şekerli 0,3 D/ Şekerli 0,3 T	Şekerli 0,5 D/ Şekerli 0,5 T
r	0,977**	0,971**	0,956**	0,959**
p	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Şekersiz 0 D/ Şekersiz 0 T	Şekersiz 0,1 D/ Şekersiz 0,1 T	Şekersiz 0,3 D/ Şekersiz 0,3 T	Şekersiz 0,5 D/ Şekersiz 0,5 T
r	0,932**	0,924**	0,946**	0,912**
p	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

D: Duyusal analiz skoru, T: Tekstür analiz sonucu. 0, 0,1, 0,3, 0,5: Gruplarda örneklerle katılan fikosiyanin doğal renk maddesi yüzdesi. * Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlıdır (one-tailed, tek yönlü). ** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır (one-tailed, tek yönlü).

Duyusal analizde son değerlendirme kriteri olan genel beğeni parametresine ait skorlar incelendiğinde; 5 aylık depolama süresince tüm gruptaki örneklerin genel beğeni skorlarında hafif bir azalmanın olduğu; öncelikle fikosiyanin içermeyen örneklerden başlandığı takdirde, duyusal değerlendirme süresince kontrol grubundaki örneğin genel beğeni skorunun 7,4 puandan 6,7 puana düştüğü, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruptaki örneğin genel beğeni skorunun ise sırasıyla 6,5 puandan 5,8 puana ve 6 puandan 5,3 puana gerilediği tespit edilmiştir. Fikosiyanin ile renklendirilmiş (%0,1, %0,3 ve %0,5) örneklerin 0. ve 150. günlerdeki genel beğeni skorları ise kontrol grubunda 8,2-8,8 puan aralığından 7,3-8 puan aralığına, kenger sakızlı şekerli grupta 7,5-8,3 puan aralığından 7-7,8 puan aralığına ve kenger sakızlı şekersiz grupta 6,6-7,1 puan aralığından 6,2-6,6 puan aralığına düştüğü belirlenmiştir. Tüm gruptaki örneklerde depolama süresi sonuna doğru enstrümantal analiz ile tespit edilen sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerindeki kademeli artışa bağlı olarak duyusal genel beğeni skorlarının da azaldığı ve bu durumun genel beğeni skorlarında düşüşe neden olduğu belirtilebilir. Diğer yandan, genel beğeni skorları gruplara göre kıyaslandığında,

fikosiyenin ile renklendirilmiş kontrol grubuna ait örneklerin genel beğeni açısından en yüksek skorları aldığı görülürken, kenger sakızlı şekerli renkli örneklerin genel beğeni skorlarının ise ilk iki gruptan nispeten daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, şekerli gruptaki örneklerin ağızdaki sertlik ve yapışkanlığının diğer iki gruptan daha yüksek olması nedeniyle panelistlerin yumuşak şekerleme tekstüründen beklediği algıyı olumsuz etkilemesi ile açıklanabilir. Son olarak, tüm gruplarda şekerleme formülasyonunda fikosiyenin kullanım miktarı arttıkça (%0, %0,1, %0,3 ve %0,5) görsel olarak mavi renk yoğunluğu da artan örneklerin panelistler tarafından daha çok beğenildiği ve buna paralel olarak genel beğeni skorlarının da arttığı tespit edilmiştir. Nitekim, buna yönelik olarak yapılan Pearson korelasyon testinde de, depolama süresince fikosiyenin miktarı ile genel beğeni arasındaki korelasyon katsayısının kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekerli grupta sırasıyla $r = 0,714$, $r = 0,860$ ve $r = 0,776$ şeklinde oldukça yüksek seviyede olduğu bulunmuştur ($p < 0,01$, tek yönlü).

Fikosiyenin içeren örneklerin duyu analizlerine dair tüm bu sonuçlar bir bütün olarak ele alındığında, hem kenger sakızının hem de doğal mavi renk kaynağı olarak fikosiyenin yumuşak şekerleme üretiminde kullanılabileceği ve üretilen örneklerin $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de genel duyu özelliklerini uzun bir süre koruyabileceği tespit edilmiştir. Yumuşak şekerlemelerle ilgili olarak literatürdeki benzer çalışmalara bakıldığında ise, Cano-Lamadrid vd. (2020) nar suyu ve elma püresi kullanarak ürettikleri jelly tipi yumuşak şekerlemelerin doğal katkı maddeleriyle reformülasyonunun genel beğeni arttırdığını ancak nar suyu kullanımının ürünlerde hem sertliği etkileyen ve hem de raf ömrünü kısıtlayan yüksek su aktivitesine neden olup bu kapsamda üretimde ileri bir optimizasyon çalışmasına ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir. Başka bir çalışmada, Achumi, Peter ve Das (2018) agar agar katkılı jelly tipi yumuşak şekerleme formülasyonunda ananas ve havuç suyu kullanımını araştırmışlardır. Söz konusu çalışma kapsamında yüksek beta-karoten içeriği ile karakterize edilen fonksiyonel nitelikteki yumuşak şekerlemeler duyu analizlerde renk, tekstür, tat ve genel beğeni kriterleri açısından 9 ölçekli hedonik skalada 7 ve üzeri puanlar alarak panelistlerin beğenisini kazanmıştır. Anisa vd. (2016) ise toffee tipi şekerleme üretiminde şeftali pulpu ve soya püresinin çeşitli oranlarda karışımını kullanarak ürettikleri şekerlemeleri 4 ay boyunca oda sıcaklığında depolayarak ürünleri fiziko-kimyasal değişiklikler ve duyu özellikler açısından incelemişlerdir. Yapılan araştırmaya göre üretilen yumuşak şekerlemelerin genel kabul edilebilirliği depolama süresi sonuna doğru azalma gösterse de

ürünlerin 9 ölçekli hedonik skalada 5,52-8,30 arasında değişen nitelikte yüksek skorlar aldığı tespit edilmiştir.

Duyusal analizlerde, panelistlerin arzu edilen yetenekleri, profili çıkartılan ürünün özelliklerindeki farklılıkları belirleme ve tespit etme, uygun ölçekleme yöntem/yöntemlerini kullanarak bu ilgili özelliklere yoğunluk atama ve fikir birliği için görüşlerini sözlü olarak ifade edebilme yeteneğini içerir (Diako, Cooper ve Ross, 2019). Bu kapsamda, yeni gıda üretimi veya bu alandaki reformülasyon veya işlem koşullarına dair optimizasyon çalışmalarında, elde edilen ürünlerin tüketiciye arzından önce deneyimli panelistler tarafından çok yönlü duyusal değerlendirmelerinin yapılması ve bu sonuçların dikkatli bir şekilde irdelenerek çeşitli enstrümantal analiz sonuçları ile birlikte yorumlanması oldukça önemlidir. Hem duyusal hem de enstrümantal tekniklerin farklı avantajları ve dezavantajları olmakla birlikte duyusal ve enstrümantal testlerin en iyi kullanım şekli, gıdanın kalite kontrolünde ele alınan parametrenin iki ölçüm arasındaki korelasyonlarını dikkate almaktır (Barrett vd., 2010; Singham, Birwal ve Yadav, 2015). Tüketicilerin yumuşak şekerleme gibi ürünleri tercihinde büyük ölçüde tekstürel özellikler ilk sırada yer almaktadır, bu nedenle enstrümantal ve duyusal ölçümler arasında korelasyonlar tespit etmenin sektörel anlamda kalite kontrol ve ürün tasarımı açısından son derece yararlı olabileceği ifade edilmektedir (Ranalli, Adornato, Califano ve Andrés, 2020). Kısacası, güvenilir bir gıda kalitesi indeksi verebilmek için objektif testlerin duyusal testlerle ilişkilendirilmesi gerekmektedir (Mihafu, Issa ve Kamiyango, 2020). Bu durumu dikkate alarak yaptığımız çalışmada duyusal sertlik, çiğnenebilirlik ve yapışkanlık sonuçları tekstür profil analizinde elde edilen verilerle birlikte karşılaştırılmış ve değerlendirilen 3 parametreye ait duyusal ve tekstür sonuçlarının önemli derecede korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, literatürde çeşitli gıda ürünlerinin duyusal analiz sonuçları ile enstrümantal analiz sonuçlarının kayda değer korelasyonuna vurgu yapan araştırmalar mevcuttur (Batu, Arslan ve Eroğlu, 2014; Kim vd., 2012; Paula ve Conti-Silva, 2014; Wang vd., 2007). Yumuşak şekerleme özelinde bakılacak olursa, Romo-Zamarrón, Pérez-Cabrera ve Tecante (2019) ananas ve papaya kabuğu tozları ile zenginleştirilmiş jelly tipi yumuşak şekerlemelerin fiziko-kimyasal ve duyusal özelliklerini inceledikleri araştırmada, meyve kabuğu tozu katkılı örneklerin kontrol örneğine göre daha sert bir tekstüre sahip olup bu sonuçların duyusal analiz sonuçları ile tutarlılık gösterdiğini, ancak kontrol örnekleri tüm duyusal değerlendirme kriterlerinde en yüksek skorları aldığı için bu konuda tüketici albenisini kazanabilmek amacıyla ileri optimizasyon çalışmalarına ihtiyaç

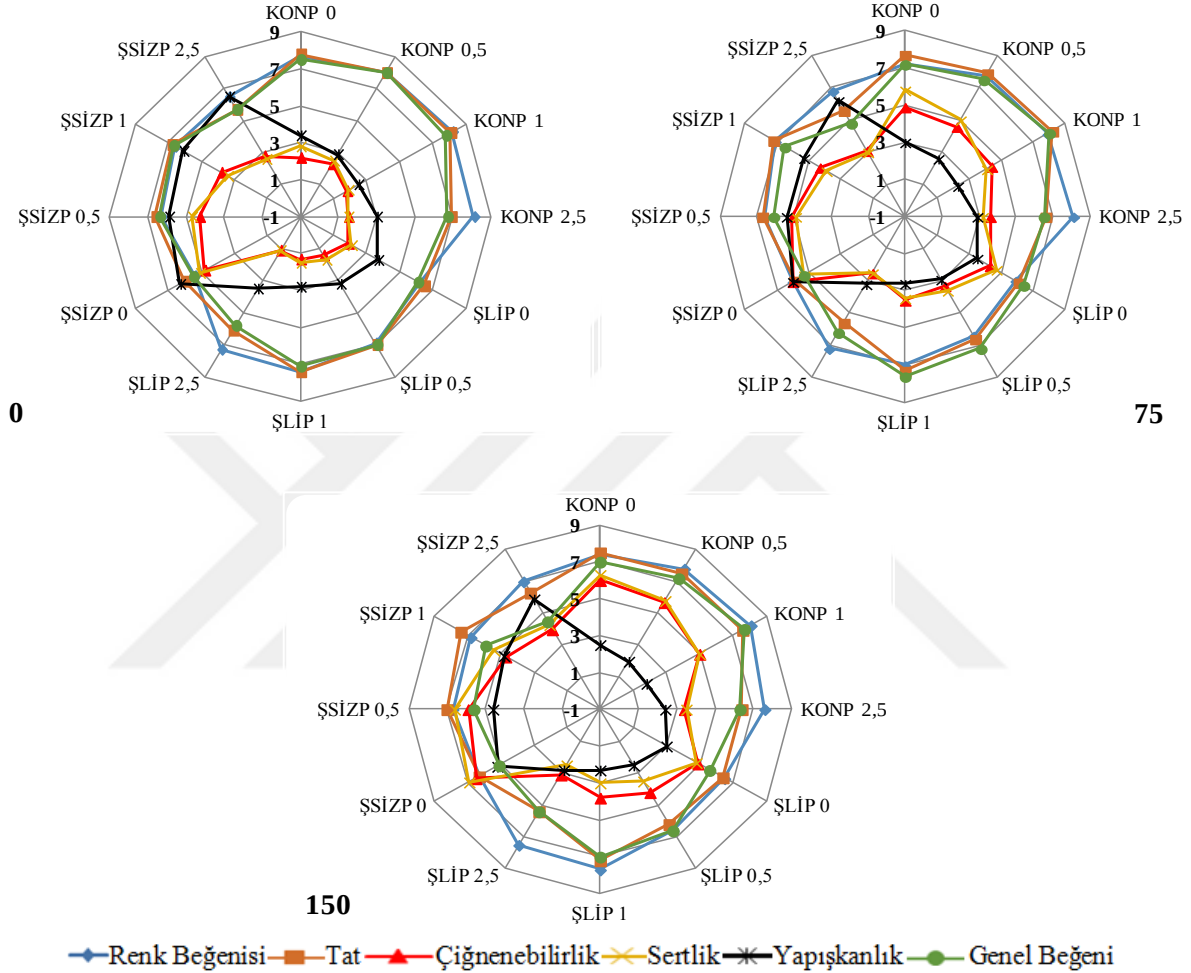
olduğunu belirtmişlerdir. Delgado ve Bañón (2018) jelatin esaslı yumuşak şekerleme üretiminde jel oluşumuna yardımcı madde olarak mısır nişastası yerine inülini kullandıkları çalışma kapsamında, hem tekstür hem de duyu analizlerde inülin katkılı örneklerdeki sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinin nişasta katkılı ürünlere göre daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer ürün grubunda Periche, Heredia, Escriche, Andrés ve Castelló (2014), formülasyonda geleneksel şeker yerine izomaltuloz kullanımının ürün kalitesine etkisini incelemişler ve tekstürel sertlik ile sakızimsılık (gumminess) sonuçlarının duyu değerlendirme skorlarıyla uyumlu bir korelasyon gösterdiğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, yumuşak şekerlemelerde ürün sertliği arttıkça genel beğenin azaldığı da vurgulanmıştır. Utomo vd. (2014) κ -karragenan ve konjac gum (glucomannan) ile formüle edilen yumuşak şekerlemelerin kalitesi üzerine yaptıkları araştırmada ürün tekstürü açısından sert, yapışkan ve kırılğan olarak tespit edilen örneklerin duyu analizlerde panelistler tarafından en az kabul gördüğünü; yapışkan olmayan, esnek ve elastik bir tekstüre sahip örneklerin ise daha çok beğenildiği sonucunu elde etmişlerdir.

3.7.2 Propolisli Örneklerin Duyusal Özellikleri

Propolisli yumuşak şekerlemelerin $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de 5 aylık depolama süresi boyunca 0., 75. ve 150. günlerde yapılan duyu analiz sonuçları Şekil 3.9'da verilmiştir. Buna göre, renk beğenisi açısından gruplarda öncelikle propolis ilavesiz (%0) örneklerin, depolama süresi boyunca kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerde sırasıyla "7,2-7,7", "5,9-6,5" ve "5,4-6,3" arasında değişen puanlar aldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, her 3 grupta da yumuşak şekerlemelere propolis ilavesinin renk beğenisini pozitif yönde etkilediği tespit edilmiş olup, %2,5 oranında propolis içeren kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin depolama süresince sırasıyla "7,6-8,1", "7,2-7,5" ve "6,5-7" arasında değişen skorlar aldığı kaydedilmiştir. Diğer yandan, tüm gruplarda yer alan örneklerin depolamaya bağlı olarak renk beğenisi skorlarında önemli bir düşüş yaşanmamıştır.

Örneklerin tat beğeni skorları incelendiğinde, propolis içermeyen kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin depolama süresi boyunca sırasıyla "7,5-7,8", "6,1-6,5" ve "5,9-6,3" arasında değişen skorlar aldığı tespit edilmiştir. Formülasyona %0,5 ve %1 oranında propolis ilavesi her 3 grupta yer alan örneklerde tat beğenisini arttırmış olsa da %2,5 oranında propolis ilavesi skorların düşmesine neden olmuştur. Örneğin, %0,5 oranında propolis içeren kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneklerin depolama süresi boyunca tat beğenisi

sırasıyla "7,5-8", "6,2-7" ve "5,9-6,3" olarak belirlenirken, %2,5 oranında propolis ilavesi skorların azalarak sırasıyla "6,4-6,9", "5,4-6,1" ve "5,6-6,3" arasında değişen değerler almasına neden olmuştur. Buradan hareketle, laktik asit bazlı propolisin %0,5-1 seviyelerden sonra sahip olduğu keskin tadı nedeniyle yumuşak şekerlemelerde tadı olumsuz etkilediği belirtilebilir.



Şekil 3.9. 20±2°C'de muhafaza edilen propolisli örneklerin 5 ay boyunca sırasıyla 0., 75. ve 150. günlerde yapılan duyusal analiz sonuçları
K: Kontrol; ŞLİ: Şekerli; ŞSİZ: Şekersiz; P: Propolis; 0; 0,5; 1; 2,5: Propolis katkı yüzdesi.

Yumuşak şekerleme örneklerinde propolis ilavesinin örneklerin sertlik değerlerinde düşüşe neden olduğu tekstür analizinde tespit edilmekle birlikte, söz konusu durum duyusal değerlendirme sonuçlarında da gözlenmiştir. Formülasyonda propolis miktarındaki artış, tüm gruplarda yer alan örneklerin duyusal sertlik değerlerini kademeli olarak düşürmüştür. Örneğin, depolama süresince yapılan duyusal değerlendirme sonuçlarına göre %2,5 propolis ilavesi, kontrol grubundaki örneklerin duyusal sertlik skorlarını 2,8-6,3 puan aralığından 1,5-

3,5 puan aralığına, kenger sakızlı şekerli gruptaki örneklerde 2,1-4,8 puan aralığından 1,1-2,5 puan aralığına, kenger sakızlı şekersiz gruptaki örneklerde ise 5,1-6,9 puan aralığından 2,6-4,3 puan aralığına düşmesine neden olmuştur. Diğer yandan, depolama süresine bağlı olarak tüm gruplarda yer alan örneklerin nem kaybetmesi nedeniyle duyu sertlik skorlarında artış olduğu tespit edilmiştir. Grupların kendi aralarında depolama süresince elde edilen duyu sertlik skorları ile tekstür analizinden elde edilen sertlik (hardness) verileri propolis miktarına göre Pearson korelasyon testi ile karşılaştırıldığında ise; kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplar için r değerlerinin sırasıyla "0,945", "0,843" ve "0,803" olduğu tespit edilmiştir ($p<0,01$, tek yönlü).

Yumuşak şekerleme formülasyonuna ilave edilen propolis duyu sertliğinin yanı sıra örneklerin duyu çiğnenebilirlik skorlarında da düşüşe neden olmuştur. Ancak depolama süresi sonuna doğru örneklerin su aktivitesindeki düşüş ile birlikte tüm gruplarda yer alan şekerlemelerin duyu çiğnenebilirlik skorlarında artış görülmüştür. Şekil 3.9'da görüldüğü üzere, birbiriyle bağlantılı olan sertlik ve çiğnenebilirlik parametrelerinin yumuşak şekerlemelerin duyu analizinde birbirine yakın skorlar alması diyagramlardaki sarı (duyu sertlik) ve kırmızı (duyu çiğnenebilirlik) işaretçilerin oluşturduğu çizgilerin üst üste gelmesini sağlamıştır. Son olarak, grupların kendi aralarında depolama süresince elde edilen duyu çiğnenebilirlik skorları ile tekstür analizinden elde edilen çiğnenebilirlik (chewiness) verileri propolis miktarına göre Pearson korelasyon testi ile karşılaştırıldığında; kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplar için r değerlerinin sırasıyla "0,912", "0,870" ve "0,957" olduğu tespit edilmiştir ($p<0,01$, tek yönlü).

Propolisli örneklerde yapılan duyu analizlerde dikkat edilmesi gereken diğer bir önemli nokta duyu yapışkanlıktır. Öncelikle propolis içermeyen örneklerden başlanırsa, üretim sonrası yapılan ilk günlük değerlendirmeye göre kenger sakızlı şekersiz örnek en yüksek skoru (6,3) alırken, kenger sakızlı şekerli örnek (3,7) ile kontrol örneğinin (3,4) birbirine oldukça yakın skorlar aldığı belirlenmiştir. Bunun akabinde, ilk gün yapılan değerlendirmelere göre %0,5 ve %1 oranlarında propolis tüm gruplardaki örneklerin duyu yapışkanlık skorlarında düşüşe sebep olmuştur ($p<0,05$). En yüksek orandaki (%2,5) propolis ilavesi ise, kenger sakızlı şekersiz örneğin duyu yapışkanlık skorunun propolis içermeyen örneğin skorundan daha yüksek seviyeye çıkmasına neden olurken (6,5), kontrol ve kenger sakızlı şekerli grupta ise skorların propolis içermeyen örneklerin değerlerinden düşük ancak %1 propolisli örneklere göre daha yüksek çıkmasına neden olmuştur. Detaylandırmak

gerekirse %0,5, %1 ve %2,5 propolisli kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplardaki örneklerin ilk günlük duyusal yapışkanlık skorları sırasıyla "2,9; 2,5; 3", "3,2; 2,8; 3,5" ve "5,9; 6,1; 6,5" olarak tespit edilmiştir. Diğer yandan, depolama süresince gruplardaki tüm örneklerin duyusal yapışkanlık değerlerinde bir azalma olduğu belirlenmiştir. Başka bir deyişle, 0. ve 150. günlerdeki duyusal yapışkanlık skorları kontrol grubundaki örneklerde 2,5-3,4 puan aralığından 1,8-2,5 puan aralığına, kenger sakızlı şekerli gruptaki örneklerde 2,8-3,7 puan aralığından 2,3-3 puan aralığına, kenger sakızlı şekersiz gruptaki örneklerde ise 5,9-6,5 puan aralığından 4,6-5,9 puan aralığına düşmüştür. Bu durumun örneklerin nem kaybetmesi ile ilişkili olduğu belirtilebilir. Nitekim, grupların kendi aralarında depolama süresince elde edilen duyusal yapışkanlık skorları ile su aktivitesi analizinden elde edilen veriler propolis yüzdesine göre Pearson korelasyon testi ile değerlendirildiğinde; kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz gruplar için r değerlerinin sırasıyla "0,611 ($p<0,05$, tek yönlü)", "0,552 ($p<0,05$, tek yönlü)" ve "0,763 ($p<0,01$, tek yönlü)" olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, örneklerin depolama süresince nem kaybetmelerine bağlı olarak yapışkanlıklarının azaldığı ve bunun panelistler tarafından da fark edilerek bu durumun verilen skorlar üzerinde etki ettiği ifade edilebilir. Son olarak, duyusal yapışkanlık skorları ile tekstür analizi sonucunda elde edilen yapışkanlık (adhesiveness) verileri arasında kayda değer bir ilişki tespit edilememiştir.

Duyusal değerlendirmede son kriter olarak genel beğeni sonuçlarına bakıldığında, 5 aylık depolama süresince tüm gruplardaki örneklerin genel beğeni skorlarında azalmanın olduğu; ancak yapılan tüm değerlendirmelerde skorların ortalama değer (4,5) ve bunun üzerinde olduğu kaydedilmiştir. Genel beğeni açısından en düşük skorları kenger sakızlı şekersiz grup alırken, kontrol ve kenger sakızlı şekerli örnekler panelistler tarafından benzer skorlar almıştır. Öncelikle propolis içermeyen örneklerden başlandığı takdirde, duyusal değerlendirme süresince kontrol örneğinin genel beğeni skorunun 7,5 puandan 7,0 puana düştüğü, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz örneğin genel beğeni skorunun ise sırasıyla 6,1 puandan 5,6 puana ve 5,5 puandan 5,1 puana gerilediği tespit edilmiştir. Şekerleme formülasyonuna %0,5 ve %1 oranlarında propolis ilavesi panelistler tarafından olumlu karşılanıp skorlarda artış olurken, %2,5 propolisin genel beğeni skorlarının düşüşüne neden olmuştur. Buradan hareketle, %2,5 oranında propolis ilavesinin tüketici tercihleri doğrultusunda olmadığı belirtilebilir. Literatürde çeşitli arı ürünleri ile katkılanan özellikle

jelly tipi yumuşak şekerlemelerin duyusal değerlendirmelerde yüksek skorlar alarak panelistler tarafından beğenildiği ifade edilmiştir (Mutlu vd., 2018; Rivero vd., 2020).

Araştırmamızda, depolama süresine bağlı olarak propolisli örneklerde genel beğeni skorları incelendiğinde ise, kontrol grubunda 0. ve 150. günlerdeki skorların 6,7-8,0 puan aralığından 6,3-7,7 puan aralığına, kenger sakızlı şekerli grupta 5,8-7,1 puan aralığından 5,4-7,0 puan aralığına ve kenger sakızlı şekersiz grupta ise 5,7-6,7 puan aralığından 4,5-5,9 puan aralığına düştüğü belirlenmiştir. Bilindiği üzere, propolis ekstraktlarının üretiminde en popüler teknik etanol ekstraksiyonudur. Günümüzde ise, su, zeytinyağı, dimetilsülfoksit, etilen glikol, polietilen glikol, glasiyal asetik asit ve gliserol gibi çözücüler veya bunların çeşitli kombinasyonları kullanılarak üretilmiş sıvı propolis ekstraktları da bulunmaktadır. Ancak, propolisin biyolojik olarak aktif temel bileşenlerinin su, yağ ve genellikle ilaç endüstrisinde kullanılan diğer çözücülerde güçlükle çözündüğü de bilinmekte olup (Kubiliene vd., 2015) etanol ekstraktının kullanımında tüketici tercihleri açısından olumsuz bir yaklaşım da mevcuttur. Bu bakımdan, duyusal analiz sonuçları bir bütün olarak değerlendirildiğinde toffee tipi yumuşak şekerleme formülasyonunun laktik asit bazlı propolis ile zenginleştirilmesi panelistler tarafından oldukça olumlu karşılanmıştır. Diğer yandan, kenger sakızlı şekerli örnekler için duyusal analiz skorlarının kontrol grubu örneklerine yakın olması, üretimde kenger sakızı kullanımının tüketici beklentilerine aykırı olmadığını da göstermektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, yeni bir üretim tekniğiyle birlikte yumuşak şekerleme formülasyonunda jelatin yerine kenger bitkisinden (*G. tournefortii* L.) elde edilen kıvamlı özüt (kenger sakızı) kullanılarak şekerli ve şekersiz toffee tipi yumuşak şekerleme üretimi yapılmış ve optimize edilen formülasyonlara fonksiyonel özellik kazandırmak için, doğal mavi renk kaynağı "fikosiyanin" ve laktik asit bazlı sıvı propolis ilave edilerek toffee tipi ürün bileşiminde kullanım olanaklarının incelenmesi ve ürünlere ait çeşitli kalite parametrelerinin depolama süresince izlenerek standart ürün grubu ile karşılaştırması yapılmıştır. Öncelikle, toffee tipi kenger sakızlı şekerli ve şekersiz yumuşak şekerleme örneklerinin üretiminde laboratuvar tipi z-blade mikser kullanılmış olup, bileşimde yer alan hammaddelerin karıştırılması, şekerleme hamurunun pişirilmesi ve proseste yer alan çekme işlemi de dahil olmak üzere tüm işlemler sürekli şekilde bu cihaz ile gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubunun üretiminde ise formülasyonda yer alan standart hammaddeler ile birlikte konvansiyonel üretim tekniği kullanılmıştır. Kenger sakızlı şekerli ve şekersiz yumuşak şekerleme örneklerinin üretiminde formülasyonda hangi bileşenlerin ne oranlarda kullanılacağına dair Design Expert paket programı, D-optimal design kullanılarak şekerli ve şekersiz grupta duyuşal değerlendirmeye bağılı olarak bileşen optimizasyonu yapılmıştır. Buna göre, optimizasyon işlemi sonucunda her iki grupta elde edilen net bileşimler, kenger sakızlı şekerli grup için %2,16 kenger sakızı, %46,72 pudra şekeri, %48,92 glikoz şurubu, %2 squalen, %0,2 aromadan oluşurken, şekersiz grup için bu oranlar %2,00 kenger sakızı, %55,81 izomalt, %15,00 toz sorbitol, %19,99 maltitol şurubu, %5 ksilitol, %2 squalen ve %0,2 aroma olarak belirlenmiştir.

Kenger sakızlı şekerli ve şekersiz ürün formülasyonunda yapılan optimizasyon işleminden sonra kontrol grubu da dahil olmak üzere her 3 grupta yer alan yumuşak şekerlemelere ilk defa %0, %0,1, %0,3 ve %0,5 oranlarında doğal mavi renk kaynağı olarak fikosiyanin tozu ilave edilmiş ve bu kısımda üretilen tüm örneklerde $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de 5 aylık depolama süresi boyunca belirli kalite analizleri yapılmıştır. Fikosiyanin stabilitesi açısından üretilen tüm örnekler 40°C ve $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de de 3 ay süreyle depolamaya alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, z-blade mikser kullanılarak üretilen ürünlere fikosiyanin ilavesinin düşük sıcaklıkta (40°C) yapılabiliyor olması, pigment stabilitesi açısından büyük bir avantaj sağlamış olup, yapılan tüm depolama uygulamalarında fikosiyaninin ürünlere sağlamış olduğı mavi renkte önemli bir kayıp yaşanmamıştır. Tekstür analizlerinde kenger sakızlı şekersiz grupta yer alan örnekler en sert örnekler olarak belirlenirken, panelistler tarafından yapılan

duyusal analizlerde yumuşak şekerlemelerde hem kenger sakızının hem de doğal mavi renk kaynağı olarak fikosiyanin kullanımının olumlu karşılandığı tespit edilmiştir.

Son bölümde ise kontrol, kenger sakızlı şekerli ve şekersiz ürünlerde ilk defa laktik asit bazlı sıvı propolis ekstraktının kullanımı incelenmiştir. Bu amaçla yumuşak şekerlemelere %0, %0,5, %1 ve %2,5 oranlarında laktik asit bazlı sıvı propolis ekstraktı ilave edilmiş ve üretilen tüm örneklerde 20±2°C'de 5 aylık depolama süresi boyunca çeşitli kalite analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler neticesinde, formülasyonda sıvı propolis miktarı arttıkça tüm gruplarda yer alan örneklerin tekstürel özelliklerinde değişiklikler gözlenmiştir. Beklendiği üzere, sıvı propolis ilavesi örneklerin Tg değerlerinin düşmesine neden olmuştur. Duyusal analizler neticesinde toffee tipi yumuşak şekerlemelerde laktik asit bazlı propolisin %0,5 veya %1 seviyelerinden sonra ürünlerin duyusal özelliklerini olumsuz etkileyebileceği belirlenmiştir. Enstrümantal renk analizlerinde ise laktik asit bazlı propolis ilavesinin toffee tipi yumuşak şekerlemelerin +b* değerine katkı sunduğu, yani diğer bir ifadeyle ürünlerin sarı rengini arttırdığı tespit edilmiştir. Depolama süresince propolisli tüm örneklerin genel kalite özelliklerinde önemli bir değişiklik yaşanmadığı kaydedilmiştir. Sonuç olarak, laktik asit bazlı propolisin belirli seviyelerde olmak kaydıyla yumuşak şekerlemelerde kullanılabileceği ve böylelikle yumuşak şekerleme ürünlerine tüketici istek ve beklentileri doğrultusunda fonksiyonellik kazandırılabilceği ortaya konmuştur.

Yaptığımız çalışmada kenger sakızlı şekerli ve şekersiz yumuşak şekerlemelerin ürün formülasyonu oldukça sadedir. Dolayısıyla, ileride bu konuda yapılacak çalışmalarda, kenger sakızlı şekerli veya şekersiz yumuşak şekerlemelerde ürün albenisini daha da arttıracak koruyucular, hümeektantlar, antioksidanlar, yağlar ve emülgatörler gibi çeşitli katkı maddelerinin kullanım olanaklarının mutlaka incelenmesi gerekmektedir. Ancak, çalışmamız kapsamında bu ürün formülasyonları ile elde edilen sonuçlar neticesinde dahi, toffee tipi yumuşak şekerleme üretiminde jelatinin kenger sakızı ile ikame edilebileceği ortaya konmuştur. Bu sonuçlara göre, ülkemiz topraklarına özgü ve kendiliğinden yetişebilen kenger bitkisine net bir kullanım alanı yaratılarak ülkemize ve ilgili sektöre katma değer sağlayacak yeni bir hammadde kazandırılabilir. Böylelikle, kenger bitkisinin kültür bitkisi olarak ticari amaçlı yetiştirilmesi söz konusu olabilir ve yeni bir tarım bitkisi ülke ekonomisine önemli bir getiri sağlayabilir. Diğer yandan, çalışma kapsamında şeker içermeyen (şekersiz) toffee tipi yumuşak şekerlemelerde ürün bileşimi de optimize edilmiş ve inovatif bir teknikle z-blade mikser kullanılarak tek aşamada toffee tipi ürün üretimi gerçekleştirilmiştir. Buradan

hareketle, ileride hem üniversite hem de sanayi işbirliği ile yapılacak Ar-Ge çalışmalarıyla şekerleme sektöründe yumuşak şekerleme üretiminde köklü değişikliklere gidilerek ülkemizin uluslararası alandaki pozisyonunu güçlendirebileceği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Abed, R. M. M., Dobretsov, S. ve Sudesh, K. (2009). Applications of cyanobacteria in biotechnology. *Journal of Applied Microbiology*, 106(1), 1-12. doi: 10.1111/j.1365-2672.2008.03918.x.
- Achumi, L. V., Peter, E. S. ve Das, A. (2018). Studies on preparation of gummy candy using pineapple juice and carrot juice. *International Journal of Chemical Studies*, 6(5), 1015-1018.
- Adekunte, A. O., Tiwari, B. K., Cullen, P. J., Scannell, A. G. M. ve O'Donnell, C. P. (2010). Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. *Food Chemistry*, 122(3), 500-507. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.01.026.
- Aidoo, R. P., Depypere, F., Afoakwa, E. O. ve Dewettinck, K. (2013). Industrial manufacture of sugar-free chocolates-Applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. *Trends in Food Science & Technology*, 32(2), 84-96. doi: 10.1016/j.tifs.2013.05.008.
- Aksay, S. ve Arslan, R. (2018). Spirulina'dan (*Spirulina platensis*) Klorofil-a ve fikosiyanin pigment ekstraksiyonuna ultrasonikasyon süresinin etkisi. *Akademik Gıda*, 16(3), 307-312. doi: 10.24323/akademik-gida.475362.
- Al-Muhtaseb, A. H., McMinn, W., Megahey, E., Neill, G., Magee, R. ve Rashid, U. (2013). Textural characteristics of microwave-baked and convective-baked Madeira cake. *Journal of Food Processing and Technology*, 4(2). doi: 10.4172/2157-7110.1000209.
- Altınok, E., Palabiyik, I., Gunes, R., Toker, O. S., Konar, N. ve Kurultay, S. (2020). Valorisation of grape by-products as a bulking agent in soft candies: Effect of particle size. *LWT-Food Science and Technology*, 118. doi: 10.1016/j.lwt.2019.108776.
- Ameen, S. M. ve Caruso, G. (2017). *Lactic acid in the food industry*. SpringerBriefs in Molecular Science, Chemistry of Foods. doi: 10.1007/978-3-319-58146-0.
- Amjadi, S., Ghorbani, M., Hamishehkar, H. ve Roufegarinejad, L. (2018). Improvement in the stability of betanin by liposomal nanocarriers: Its application in gummy candy as a food model. *Food Chemistry*, 256, 156-162. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.02.114.
- Ananya, Kamal, A. ve Ahmad, I. Z. (2014). Cyanobacteria "the blue green algae" and its novel applications: A brief review. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 7(1), 251-261.
- Anisa, A. M., Anju, B., Vikas, A. ve Raj, K. K. (2016). Preparation and evaluation of peach-soy fruit toffees. *J Food Ind Microbiol*, 2(2), 1-5. doi: 10.4172/2572-4134.1000114.
- Anitha, L. ve Chandralekha, K. (2010). Effect of supplementation of Spirulina on blood glucose, glycosylated hemoglobin and lipid profile of male non-insulin dependent diabetics. *Asian Journal of Experimental Biological Sciences*, 1(1), 36-46.

- Anjum, S. I., Ullah, A., Khan, K. A., Attaullah, M., Khan, H., Ali, H., Bashir, M. A., Tahir, M., Ansari, M. J., Ghramh, H. A., Adgaba, N. ve Dash, C. K. (2019). Composition and functional properties of propolis (bee glue): A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(7), 1695-1703. doi: 10.1016/j.sjbs.2018.08.013.
- Anonim. (2021a). International Trade Center. Trade Map, Trade statistics for international business development. 16 Mayıs 2021, Erişim adresi: <https://www.trademap.org/Index.aspx>
- Anonim. (2021b). Functional confectionery market-global industry analysis, size, share, growth, trends and forecast 2018-2028. 16 Mayıs 2021, Erişim adresi: <https://www.transparencymarketresearch.com/functional-confectionery-market.html>.
- Anonim. (2017). Şekerli ve çikolatalı mamuller sektör raporları. Ankara: T.C. Ekonomi Bakanlığı. 16 Mayıs 2021, Erişim adresi: https://ticaret.gov.tr/data/5b8700a513b8761450e18d81/Sekerli_ve_Cikolatali_Mamuller.pdf.
- Antelo, F. S., Costa, J. A. V. ve Kalil, S. J. (2008). Thermal degradation kinetics of the phycocyanin from *Spirulina platensis*. *Biochemical Engineering Journal*, 41(1), 43-47. doi: 10.1016/j.bej.2008.03.012.
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. 17th Edition, The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- Asadi-Samani, M., Rafieian-Kopaei, M. ve Azimi, N. (2013). Gundelia: A systematic review of medicinal and molecular perspective. *Pakistan Journal of Biological Science*, 16(21), 1238-1247. doi: 10.3923/pjbs.2013.1238.1247.
- Atayoglu, A. T. (2021, May 27,28). L-Lactic acid: An alternative solvent to ethanol for propolis extraction. *International Propolis Research Group, IPRG Online Conference*.
- Attia, Y. A., Al-Harthi, M. A. ve Shiboob, M. M. (2014). Evaluation of quality and nutrient contents of table eggs from different sources in the retail market. *Italian Journal of Animal Science*, 13(2), 3294. doi: 10.4081/ijas.2014.3294.
- Bagcı, E., Hayta, S., Kılıc, O. ve Kocak, A. (2010). Essential oils of two varieties of *Gundelia tournefortii* L.(Asteraceae) from Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 22(8), 6239-6244.
- Barkallah, M., Atitallah, A. B., Hentati, F., Dammak, M., Hadrich, B., Fendri, I., Ayadi, M. A., Michaud, P. ve Abdelkafi, S. (2019). Effect of *Spirulina platensis* biomass with high polysaccharides content on quality attributes of common Carp (*Cyprinus carpio*) and Common Barbel (*Barbus barbus*) fish burgers. *Applied Sciences*, 9(11), 1-14. doi: 10.3390/app9112197.
- Barrett, D. M., Beaulieu, J. C. ve Shewfelt, R. (2010). Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(5), 369-89. doi: 10.1080/10408391003626322.

- Bartkiene, E., Sakiene, V., Bartkevics, V., Wiacek, C., Rusko, J., Lele, V. Ruzauskas, M., Juodeikiene, G., Klupsaite, D., Bernatoniene, J., Jakstas, V. ve Braun, P. G. (2018). Nutraceuticals in gummy candies form prepared from lacto-fermented lupine protein concentrates, as high-quality protein source, incorporated with Citrus paradise L. essential oil and xylitol. *International Journal of Food Science & Technology*, 53, 2015-2025. doi: 10.1111/ijfs.13819.
- Batu, A., Arslan, A. ve Eroğlu, A. (2014). Effects of black grape syrup on texture, colour and sensory qualities of value added Turkish delight (lokum). *Journal of Nutrition and Food Sciences*, S8:005. doi: 10.4172/2155-9600.S8-005.
- Belščak-Cvitanović, A., Komes, D., Benković, M., Karlović, S., Hečimović, I., Ježek, D. ve Bauman, I. (2012). Innovative formulations of chocolates enriched with plant polyphenols from *Rubus idaeus* L. leaves and characterization of their physical, bioactive and sensory properties. *Food Research International*, 48(2), 820-830. doi: 10.1016/j.foodres.2012.06.023.
- Belščak-Cvitanović, A., Komes, D., Durgo, K., Vojvodić, A. ve Bušić, A. (2015). Nettle (*Urtica dioica* L.) extracts as functional ingredients for production of chocolates with improved bioactive composition and sensory properties. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 7723-7734. doi: 10.1007/s13197-015-1916-y.
- Bermejo, R., Felipe, M. A., Talavera, E. M. ve Alvarez-Pez, J. M. (2006). Expanded bed adsorption chromatography for recovery of phycocyanins from the microalga *Spirulina platensis*. *Chromatographia*, 63(1), 59-66. doi: 10.1365/s10337-005-0702-9.
- Bishop, W. M. ve Zubeck, H. M. (2012). Evaluation of microalgae for use as nutraceuticals and nutritional supplements. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 2(5), 1-6. doi: 10.4172/2155-9600.1000147.
- Boran, G., Lawless, H. T. ve Regenstein, J. M. (2010). Effects of extraction conditions on the sensory and instrumental characteristics of fish gelatin gels. *Journal of Food Science*, 75(9), 469-S476. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01827.x.
- Burey, P., Bhandari, B. R., Rutgers, R. P. G., Halley, P. J. ve Torley, P. J. (2009). Confectionery gels: A review on formulation, rheological and structural aspects. *International Journal of Food Properties*, 12(1), 176-210. doi: 10.1080/10942910802223404.
- Cakmakci, S. ve Dagdemir, E. (2013). A preliminary study on functionality of *Gundelia tournefortii* L. as a new stabiliser in ice cream production. *International Journal of Dairy Technology*, 66(3), 431-436. doi: 10.1111/1471-0307.12042.
- Cano-Lamadrid, M., Calín-Sánchez, Á., Clemente-Villalba, J., Hernández, F., Carbonell-Barrachina, Á. A., Sendra, E. ve Wojdyło, A. (2020). Quality parameters and consumer acceptance of jelly candies based on pomegranate juice “Mollar de Elche”. *Foods*, 9(4), 516. doi: 10.3390/foods9040516.

- Cappa, C., Lavelli, V. ve Mariotti, M. (2015). Fruit candies enriched with grape skin powders: physicochemical properties. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 569-575. doi: 10.1016/j.lwt.2014.07.039.
- Chaiklahan, R., Chirasuwan, N. ve Bunnag, B. (2012). Stability of phycocyanin extracted from *Spirulina* sp.: Influence of temperature, pH and preservatives. *Process Biochemistry*, 47(4), 659-664. doi: 10.1016/j.procbio.2012.01.010.
- Chaiklahan, R., Chirasuwan, N., Loha, V., Tia, S. ve Bunnag, B. (2011). Separation and purification of phycocyanin from *Spirulina* sp. using a membrane process. *Bioresource technology*, 102(14), 7159-7164. doi: 10.1016/j.biortech.2011.04.067.
- Chan, P. N. A. (2015). Chemical Properties and Applications of Food Additives: Flavor, sweeteners, food colors, and texturizers. *Handbook of Food Chemistry*, 101-129. Berlin: Springer. doi: 10.1007/978-3-642-36605-5_38.
- Chandra, M. V. ve Shamasundar, B. A. (2015). Texture profile analysis and functional properties of gelatin from the skin of three species of fresh water fish. *International Journal of Food Properties*, 18(3), 572-584. doi: 10.1080/10942912.2013.845787.
- Chavan, U. D., Pawar, U. B. ve Pawar, G. H. (2015). Studies on preparation of mixed toffee from guava and strawberry. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10), 6791-6797. doi: 10.1007/s13197-015-1786-3.
- Ciferri, O. (1983). *Spirulina*, the edible microorganism. *Microbiological reviews*, 47(4), 551-578.
- Čižauskaitė, U., Jakubaitytė, G., Žitkevičius, V. ve Kasparavičienė, G. (2019). Natural ingredients-based gummy bear composition designed according to texture analysis and sensory evaluation in vivo. *Molecules*, 24(7), 1442. doi: 10.3390/molecules24071442.
- Clark, J. P. (2004). Crystallization is key in confectionery processes. *Food Technology Magazine*, 58(12), 94-96.
- Clarke, C. I. ve Farrell, G. M. (2000). The effects of recipe formulation on the textural characteristics of microwave-reheated pizza bases. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(8), 1237-1244. doi: 10.1002/1097-0010(200006)80:8<1237::AID-JSFA630>3.0.CO;2-8.
- Crupi, P., Dipalmo, T., Clodoveo, M. L., Toci, A. T. ve Coletta, A. (2018). Seedless table grape residues as a source of polyphenols: Comparison and optimization of non-conventional extraction techniques. *European Food Research and Technology*, 244(6), 1091-1100. doi: 10.1007/s00217-017-3030-z.
- Çoruh, N., Celep Sağdıçoğlu, A. G., Özgökçe, F. ve Işcan, M. (2007). Antioxidant capacities of *Gundelia tournefortii* L. extracts and inhibition on glutathione-S-transferase activity. *Food Chemistry*, 100(3), 1249–1253. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.12.008.
- Da Silva, L. B., Queiroz, M. B., Fadini, A. L., da Fonseca, R. C., Germer, S. P. ve Efraim, P. (2016a). Chewy candy as a model system to study the influence of polyols and fruit pulp

- (açai) on texture and sensorial properties. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 268-274. doi: 10.1016/j.lwt.2015.08.006.
- Da Silva, L. B., Annetta, F. E., Alves, A. B., Queiroz, M. B., Fadini, A. L., da Silva, M. G. ve Efraim, P. (2016b). Effect of differently processed açai (*Euterpe oleracea* Mart.) on the retention of phenolics and anthocyanins in chewy candies. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(12), 2603-2612. doi: 10.1111/ijfs.13245.
- Das, R., Biswas, S. ve Banerjee, E. R. (2016). Nutraceutical-prophylactic and therapeutic role of functional food in health. *Journal Nutrition Food Sciences*, 6(4), 1-17. doi: 10.4172/2155-9600.1000527.
- De Avelar, M. H. M. ve Efraim, P. (2020). Alginate/pectin cold-set gelation as a potential sustainable method for jelly candy production. *Lwt-Food Science and Technology*, 123, 109119. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109119.
- De Avelar, M. H. M., Queiroz, G. C. ve Efraim, P. (2020). Sustainable performance of cold-set gelation in the confectionery manufacturing and its effects on perception of sensory quality of jelly candies. *Cleaner Engineering and Technology*, 1, 100005. doi: 10.1016/j.clet.2020.100005.
- De Moraes, E. C., Lima, G. C., de Moraes, A. R. ve Bolini, H. M. A. (2015). Prebiotic and diet/light chocolate dairy dessert: Chemical composition, sensory profiling and relationship with consumer expectation. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 424-430. doi: 10.1016/j.lwt.2014.12.015.
- De Souza, V. R., Pereira, P. A., Pinheiro, A. C. M., Bolini, H. M. A., Borges, S. V. ve Queiroz, F. (2013). Analysis of various sweeteners in low-sugar mixed fruit jam: equivalent sweetness, time-intensity analysis and acceptance test. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(7), 1541-1548. doi: 10.1111/ijfs.12123.
- Delgado, P. ve Bañón, S. (2015). Determining the minimum drying time of gummy confections based on their mechanical properties. *CyTA-Journal of Food*, 13(3), 329-335. doi: 10.1080/19476337.2014.974676.
- Delgado, P. ve Bañón, S. (2018). Effects of replacing starch by inulin on the physicochemical, texture and sensory characteristics of gummy jellies. *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 1-10. doi: 10.1080/19476337.2017.1327462.
- DeMars, L. L. ve Ziegler, G. R. (2001). Texture and structure of gelatin/pectin-based gummy confections. *Food hydrocolloids*, 15(4-6), 643-653. doi: 10.1016/S0268-005X(01)00044-3.
- Dewi, E. N., Kurniasih, R. A. ve Purnamayati, L. (2018). The application of microencapsulated phycocyanin as a blue natural colorant to the quality of jelly candy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 116(1), 1-7. doi: 10.1088/1755-1315/116/1/012047.
- Diako, C., Cooper, K. D. ve Ross, C. F. (2019). Panelists bias matrix estimation in a red wine trained panel: A potential tool for data pre-treatment and feedback calibration. *Journal of Chemometrics*, 33(1), 1-14. doi: 10.1002/cem.3084.

- Dorn, G., Savenkova, T., Sidorova, O. ve Golub, O. (2015). Confectionery goods for healthy diet. *Foods and raw materials*, 3(1), 70-76. doi: 10.12737/11240.
- Doyon, M. ve Labrecque, J. (2008). Functional foods: a conceptual definition. *British Food Journal*, 110(1), 1133-1149. doi: 10.1108/00070700810918036.
- Ebrahimi, A. ve Sani, A. M. (2015). Application of *Gundelia tournefortii* L. in yoghurt. *Journal of Applied Environmental and Biological Science*, 4(12), 266-272.
- Ebrahimi, A., Sani, A. M. ve Islami, M. H. (2015). Evaluation of Rheological, Physicochemical, and Sensory properties of *Gundelia tournefortii* yogurt. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 4(11), 146-159.
- Ekberg, O., Hamdy, S., Woisard, V., Wuttge-Hannig, A. ve Ortega, P. (2002). Social and psychological burden of dysphagia: its impact on diagnosis and treatment. *Dysphagia*, 17(2), 139-146. doi: 10.1007/s00455-001-0113-5.
- El Gamal, A. A. (2010). Biological importance of marine algae. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 18(1), 1-25. doi: 10.1016/j.jsps.2009.12.001.
- Ergun, R., Lietha, R. ve Hartel, R. W. (2010). Moisture and shelf life in sugar confections. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(2), 162-192. doi: 10.1080/10408390802248833.
- Evin, D. (2012). Thin layer drying kinetics of *Gundelia tournefortii* L. *Food and Bioproducts Processing*, 90(2), 323-332. doi: 10.1016/j.fbp.2011.07.002.
- FDA. (2002). Food and Drug Administration, GRAS notification for *Spirulina* microalgae. 13 Ağustos 2019, Erişim adresi: <https://www.fda.gov/media/113614/download>.
- Figiel, A. ve Tajner-Czopek, A. (2006). The effect of candy moisture content on texture. *Journal of Foodservice*, 17(4), 189-195. doi: 10.1111/j.1745-4506.2006.00037.x.
- Fisher, E. L., Ahn-Jarvis, J., Gu, J., Weghorst, C. M. ve Vodovotz, Y. (2014). Assessment of physicochemical properties, dissolution kinetics and storage stability of a novel strawberry confection designed for delivery of chemopreventive agents. *Food Structure*, 1(2), 171-181. doi: 10.1016/j.foostr.2013.10.001.
- Foegeding, A. E., Vinyard, C. J., Essick, G., Guest, S. ve Campbell, C. (2015). Transforming structural breakdown into sensory perception of texture. *Journal of Texture Studies*, 46(3), 152-170. doi: 10.1111/jtxs.12105.
- Forma, E. ve Bryś, M. (2021). Anticancer activity of propolis and its compounds. *Nutrients*, 13(8), 2594. doi: 10.3390/nu13082594.
- Ghosh, S. ve Sudha, M. L. (2012). A review on polyols: new frontiers for health-based bakery products. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(3), 372-379. doi: 10.3109/09637486.2011.627846.
- Godshall, M. A. (2016). Candies and sweets: sugar and chocolate confectionery. *Encyclopedia of Food and Health*, 621-627. doi: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00679-6.

- Godswill, A. C. (2017). Sugar alcohols: chemistry, production, health concerns and nutritional importance of mannitol, sorbitol, xylitol, and erythritol. *International Journal of Advanced Academic Research*, 3(2), 31-66.
- Gok, S., Toker, O. S., Palabiyik, I. ve Konar, N. (2020). Usage possibility of mannitol and soluble wheat fiber in low calorie gummy candies. *LWT-Food Science and Technology*, 128, 109531. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109531.
- Goran, M. I., Ulijaszek, S. J. ve Ventura, E. E. (2013). High fructose corn syrup and diabetes prevalence: A global perspective. *Global Public Health*, 8(1), 55-64. doi: 10.1080/17441692.2012.736257.
- Gregoris, E. ve Stevanato, R. (2010). Correlations between polyphenolic composition and antioxidant activity of Venetian propolis. *Food and Chemical Toxicology*, 48(1), 76-82. doi: 10.1016/j.fct.2009.09.018.
- Grembecka, M. (2015). Sugar alcohols—their role in the modern world of sweeteners: a review. *European Food Research and Technology*, 241, 1-14. doi: 10.1007/s00217-015-2437-7.
- Gu, J., Ahn-Jarvis, J. H. ve Vodovotz, Y. (2015). Development and characterization of different black raspberry confection matrices designed for delivery of phytochemicals. *Journal of Food Science*, 80(3), 610-618. doi: 10.1111/1750-3841.12808.
- Gupta, R. K., Sharma, A. ve Sharma, R. (2007). Instrumental texture profile analysis (TPA) of shelled sunflower seed caramel snack using response surface methodology. *Food Science and Technology International*, 13(6), 455-460. doi: 10.1177/1082013207088369.
- Gutiérrez-Salmeán G., Castillo, L. H. F. ve Chamorro-Cevallos, G. (2015). Nutritional and toxicological aspects of Spirulina (Arthrospira). *Nutrición hospitalaria: Organo oficial de la Sociedad española de nutrición parenteral y enteral*, 32(1), 34-40. doi: 10.3305/nh.2015.32.1.9001.
- Güneş, R., Palabiyik, İ. ve Kurultay, Ş. (2018). Şekerleme teknolojisinde fonksiyonel ürün üretimi. *Gıda*, 43(6), 984-1001. doi: 10.15237/gida.GD18088.
- Habib, M. A. B., Parvin, M., Huntington, T. C. ve Hasan, M. R. (2008). A review on culture, production and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals. Italy: *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*, 1034, 1-33.
- Haghi, G., Hatami, A. ve Arshi, R. (2011). Distribution of caffeic acid derivatives in *Gundelia tournefortii* L. *Food Chemistry*, 124(3), 1029-1035. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.07.069.
- Hajizadeh-Sharafabad, F., Alizadeh, M., Mohammadzadeh, M. H. S., Alizadeh-Salteh, S. ve Kheirouri, S. (2016). Effect of *Gundelia tournefortii* L. extract on lipid profile and TAC in patients with coronary artery disease: A double-blind randomized placebo controlled clinical trial. *Journal of Herbal Medicine*, 6(2), 59-66. doi: 10.1016/j.hermed.2016.02.001.
- Hani, N. M., Romli, S. R. ve Ahmad, M. (2015). Influences of red pitaya fruit puree and gelling agents on the physico-mechanical properties and quality changes of gummy

- confections. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(2), 331-339. doi: 10.1111/ijfs.12638.
- Hartel, R. W., Ergun, R. ve Vogel, S. (2011). Phase/state transitions of confectionery sweeteners: Thermodynamic and kinetic aspects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(1), 17-32. doi: 10.1111/j.1541-4337.2010.00136.x.
- Hartel, R. W., Von Elbe J. H. ve Hofberger, R. (2018a). *Confectionery Science and Technology* (1 th ed.). Switzerland: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-61742-8.
- Hartel, R. W., Von Elbe J. H. ve Hofberger, R. (2018b). Jellies, gummies and licorices. *Confectionery Science and Technology*. (1 th ed.) (329-360). Switzerland: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-61742-8.
- Harwood, M. L. (2013). *A novel method to assess consumer acceptance of bitterness in chocolate products* (Master Thesis). The Pennsylvania State University, The Graduate School College of Agricultural Sciences, ABD.
- Hashemi, S. M. B., Amarowicz, R., Khaneghah, A. M., Vardehsara, M. S., Hosseini, M. ve Yousefabad, S. H. A. (2017). Kangar (*Gundelia tehranica*) seed oil: Quality measurement and frying performance. *Journal of Food & Nutrition Research*, 56(1), 86-95.
- Haug, I. J., Draget, K. I. ve Smidsrød, O. (2004). Physical and rheological properties of fish gelatin compared to mammalian gelatin. *Food hydrocolloids*, 18(2), 203-213. doi: 10.1016/S0268-005X(03)00065-1.
- Herrera, M. C., Tolentino, R. G., y León, S. V., Vázquez, C. R., Francisca, M. V. ve Vega, M. D. L. R. (2015). Functional Foods, Old Age and Diabetes. *Food and Nutrition Sciences*, 6(16), 1507-1513. doi: 10.4236/fns.2015.616155.
- Hind, N. (2013). 763. *Gundelia tournefortii*. *Curtis's Botanical Magazine*, 30(2), 114-138. doi:10.1111/curt.12027.
- Hunter, P. M. ve Hegele, R. A. (2017). Functional foods and dietary supplements for the management of dyslipidaemia. *Nature Reviews Endocrinology*, 13(5), 278-288. doi: 10.1038/nrendo.2016.210.
- Igoe, R. S. (2011). *Dictionary of food ingredients* (5th ed.). New York: Springer Science & Business Media.
- Jarrett, T. N. (2012). Acids in Confections. *The Manufacturing Confectioner*, 92, 58-63.
- Jespersen, L., Strømdahl, L. D., Olsen, K. ve Skibsted, L. H. (2005). Heat and light stability of three natural blue colorants for use in confectionery and beverages. *European Food Research and Technology*, 220, 261-266. doi: 10.1007/s00217-004-1062-7.
- Kalichevsky-Dong, M. T. (2000). The glass transition and microbial stability. *The stability and shelf-life of food* (25-54). Cambridge: Woodhead Publishing.

- Kannaujiya, V. K. ve Sinha, R. P. (2016). Thermokinetic stability of phycocyanin and phycoerythrin in food-grade preservatives. *Journal of Applied Phycol*, 28(2), 1063-1070. doi: 10.1007/s10811-015-0638-x.
- Karim, A. A. ve Bhat, R. (2009). Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocolloids*, 23(3), 563-576. doi: 10.1016/j.foodhyd.2008.07.002.
- Kasapis, S. (2008). Recent advances and future challenges in the explanation and exploitation of the network glass transition of high sugar/biopolymer mixtures. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(2), 185-203. doi: 10.1080/10408390701286025.
- Ketel, E. C., de Wijk, R. A., de Graaf, C. ve Stieger, M. (2020). Relating oral physiology and anatomy of consumers varying in age, gender and ethnicity to food oral processing behavior. *Physiology & Behavior*, 215, 1-10. doi: 10.1016/j.physbeh.2019.112766.
- Khan, M. I., Shin, J. H. ve Kim, J. D. (2018). The promising future of microalgae: current status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry for biofuels, feed, and other products. *Microbial cell factories*, 17(1), 1-21. doi: 10.1186/s12934-018-0879-x.
- Khanzadeh, F., Khodaparast, M. H. H., Rad, A. H. E. ve Rahmani, F. (2012). Physiochemical properties of *Gundelia tournefortii* L. seed oil. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14, 1535-1542.
- Khapre, A. P. (2010). Standardization of technology for development of guava-soybean toffee as a protein enriched product. *Food Science Research Journal*, 1(2), 154-156.
- Khapre, A. P., Satwadhar, P. N. ve Deshpande, H. W. (2011). Development of technology for preparation of fig (*Ficus carica* L.) fruit powder and its utilization in toffee. *Journal of Dairying Foods & Home Sciences*, 30(4), 267-270.
- Kılıç, M. ve Evranuz, E. Ö. (2006). Gıdalarda camsılığa geçiş ve kalite ilişkisi. *Gıda*, 31(5).
- Kim, E. H. J., Corrigan, V. K., Wilson, A. J., Waters, I. R., Hedderley, D. I. ve Morgenstern, M. P. (2012). Fundamental fracture properties associated with sensory hardness of brittle solid foods. *Journal of Texture Studies*, 43(1), 49-62. doi: 10.1111/j.1745-4603.2011.00316.x.
- Kim, S., Nimni, M. E., Yang, Z. ve Han, B. (2005). Chitosan/gelatin-based films crosslinked by proanthocyanidin. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 75B(2), 442-450. doi: 10.1002/jbm.b.30324.
- Koh, L., Jiang, B., Kasapis, S. ve Foo, C. W. (2011). Structure, sensory and nutritional aspects of soluble-fibre inclusion in processed food products. *Food Hydrocolloids*, 25(2), 159-164. doi: 10.1016/j.foodhyd.2010.03.013.
- Kohinkar, S. N., Chavan, U. D., Pawar, V. D. ve Amarowicz, R. (2014). Studies on preparation of mixed fruit toffee from Fig and Guava fruits. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 2204-2209. doi: 10.1007/s13197-012-0691-2.

- Komes, D., Horžić, D. ve Belščak-Cvitanović, A. (2011, January). Food polymers as gelatine replacers in confectionary industry. *11th International Congress on Engineering and Food, 'Food Process Engineering in a Changing World'*.
- Kubiliene, L., Laugaliene, V., Pavilonis, A., Maruska, A., Majiene, D., Barauskaite, K., Kubilius, R., Kasparavicius, G. ve Savickas, A. (2015). Alternative preparation of propolis extracts: comparison of their composition and biological activities. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 15(156), 1-7. doi: 10.1186/s12906-015-0677-5.
- Kumar, S. S., Chauhan, A. S. ve Giridhar, P. (2020). Nanoliposomal encapsulation mediated enhancement of betalain stability: Characterisation, storage stability and antioxidant activity of *Basella rubra* L. fruits for its applications in vegan gummy candies. *Food Chemistry*, 333, 127442. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127442.
- Kumar, S., Gehlot, R., Singh, R. ve Sindhu, R. (2019). Development and evaluation of aonla-papaya toffee. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3), 3454-3456.
- Kumar, B., Pandey, C. S. ve Rangare, N. R. (2017). Effect of various recipes on chemical characteristics of mixed mango-papaya fruit toffee. *International Journal of Chemical Studies*, 5(2), 274-279.
- Laleg, K., Cassan, D., Barron, C., Prabhasankar, P. ve Micard, V. (2016). Structural, culinary, nutritional and anti-nutritional properties of high protein, gluten free, 100% legume pasta. *PLoS One*, 11(9), e0160721. doi: 10.1371/journal.pone.0160721.
- Larsson, S. C., Bergkvist, L. ve Wolk, A. (2006). Consumption of sugar and sugar-sweetened foods and the risk of pancreatic cancer in a prospective study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 84(5), 1171-1176. doi: 10.1093/ajcn/84.5.1171.
- Lee, J. W., Thomas, L. C. ve Schmidt, S. J. (2011). Investigation of the heating rate dependency associated with the loss of crystalline structure in sucrose, glucose, and fructose using a thermal analysis approach (Part I). *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(2), 684-701. doi: 10.1021/jf1042344.
- Li, D. M. ve Qi, Y. Z. (1997). *Spirulina* industry in China: Present status and future prospects. *Journal of Applied Phycology*, 9, 25-28.
- Liu, L. N., Chen, X. L., Zhang, Y. Z. ve Zhou, B. C. (2005). Characterization, structure and function of linker polypeptides in phycobilisomes of cyanobacteria and red algae: An overview. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*, 1708(2), 133-142. doi: 10.1016/j.bbabi.2005.04.001.
- Livesey, G. (2003). Health potential of polyols as sugar replacers, with emphasis on low glycaemic properties. *Nutrition Research Reviews*, 16, 163-191. doi: 10.1079/NRR200371.
- Lu, R. ve Cen, H. (2013). Non-destructive methods for food texture assessment. *Instrumental Assessment of Food Sensory Quality*, 230-255. doi: 10.1533/9780857098856.2.230.
- Lucas, B. F., de Moraes, M. G., Santos, T. D. ve Costa, J. A. V. (2018). *Spirulina* for snack enrichment: Nutritional, physical and sensory evaluations. *LWT-Food Science and Technology*, 90, 270-276. doi: 10.1016/j.lwt.2017.12.032.

- Madkour, F. F., Kamil, A. E. W. ve Nasr, H. S. (2012). Production and nutritive value of *Spirulina platensis* in reduced cost media. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 38(1), 51-57. doi: 10.1016/j.ejar.2012.09.003.
- Maina, J. W. (2018). Analysis of the factors that determine food acceptability. *The Pharma Innovation Journal*, 7(5), 253-257.
- Malik, V. S., Pan, A., Willett, W. C. ve Hu, F. B. (2013). Sugar-sweetened beverages and weight gain in children and adults: a systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 98(4), 1084-1102. doi: 10.3945/ajcn.113.058362.
- Manjula, K. ve Suneetha, C. (2014). Formulation and development of functional confectionery by incorporating pumpkin juice. *International Journal of Food, Agriculture & Veterinary Sciences*, 4(1), 47-52.
- Marfil, P. H., Anhê, A. C. ve Telis, V. R. (2012). Texture and microstructure of gelatin/corn starch-based gummy confections. *Food Biophysics*, 7, 236-243. doi: 10.1007/s11483-012-9262-3.
- Marrez, D. A., Sultan, Y. Y. ve Embaby, M. A. E. (2017). Biological activity of the cyanobacterium *Oscillatoria brevis* extracts as a source of nutraceutical and bio-preservative agents. *International Journal of Pharmacology*, 13(8), 1010-1019. doi: 10.3923/ijp.2017.1010.1019.
- Martelli, G., Folli, C., Visai, L., Daglia, M. ve Ferrari, D. (2014). Thermal stability improvement of blue colorant C-Phycocyanin from *Spirulina platensis* for food industry applications. *Process Biochemistry*, 49(1), 154-159. doi: 10.1016/j.procbio.2013.10.008.
- Martinotti, S. ve Ranzato, E. (2015). Propolis: a new frontier for wound healing?. *Burns & trauma*, 3, 1-7. doi: 10.1186/s41038-015-0010-z.
- Martirosyan, D. M. ve Singh, J. (2015). A new definition of functional food by FFC: what makes a new definition unique?. *Functional foods in health and disease*, 5(6), 209-223. doi: 10.31989/ffhd.v5i6.183.
- Matthäus, B. ve Özcan, M. M. (2011). Chemical evaluation of flower bud and oils of tumbleweed (*Gundelia tourneforti* L.) as a new potential nutrition sources. *Journal of Food Biochemistry*, 35(4), 1257-1266. doi: 10.1111/j.1745-4514.2010.00449.x.
- McClements, D. J. (2015). Reduced-fat foods: the complex science of developing diet-based strategies for tackling overweight and obesity. *Advances in Nutrition*, 6(3), 338S-352S. doi: 10.3945/an.114.006999.
- McLennan, S. V., Bonner, J., Milne, S., Lo, L., Charlton, A., Kurup, S., Jia, J., Yue, D. K. ve Twigg, S. M. (2008). The anti-inflammatory agent Propolis improves wound healing in a rodent model of experimental diabetes. *Wound Repair and Regeneration*, 16(5), 706-713. doi: 10.1111/j.1524-475X.2008.00421.x.
- Mehta, F. ve Trivedi, P. (2012). Formulation and texture characterization of zein chewing gum. *Archives of Applied Science Research*, 4(2), 781-791.

- Meneses, E. A., Durango, D. L. ve García, C. M. (2009). Antifungal activity against postharvest fungi by extracts from Colombian propolis. *Química nova*, 32(8), 2011-2017. doi: 10.1590/S0100-40422009000800006.
- Mihafu, F. D., Issa, J. Y. ve Kamiyango, M. W. (2020). Implication of sensory evaluation and quality assessment in food product development: A review. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 8(3), 690-702. doi: 10.12944/CRNFSJ.8.3.03.
- Mohanty, J. N., Das, P. K., Nanda, S., Nayak, P. ve Pradhan, P. (2015). Comparative analysis of crude and pure lactic acid produced by *Lactobacillus fermentum* and its inhibitory effects on spoilage bacteria. *The Pharma Innovation Journal*, 3(11), 38-42.
- Mohos, F. Á. (2017). Gelling, emulsifying, stabilizing and foam formation. *Confectionery and chocolate engineering: principles and applications* (2th ed.) (424-467). UK: John Wiley & Sons.
- Moraes, I. D. O., Arruda, R. D. O. M., Maresca, N. R., Antunes, A. D. O. ve Moraes, R. D. O. (2013). *Spirulina platensis*: process optimization to obtain biomass. *Food Science and Technology*, 33(Supl. 1), 179-183. doi: 10.1590/S0101-20612013000500026.
- Moreira, L., Dias, L. G., Pereira, J. A. ve Estevinho, L. (2008). Antioxidant properties, total phenols and pollen analysis of propolis samples from Portugal. *Food and Chemical Toxicology*, 46(11), 3482-3485. doi: 10.1016/j.fct.2008.08.025.
- Murray, J. M. ve Baxter, I. A. (2003). Food acceptability and sensory evaluation. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. (2nd ed.) (5130-5136). The Netherlands: Elsevier Science Limited.
- Muthulakshmi, M., Saranya, A., Sudha, M. ve Selvakumar, G. (2012). Extraction, partial purification, and antibacterial activity of phycocyanin from *Spirulina* isolated from fresh water body against various human pathogens. *Journal of Algal Biomass Utilization*, 3(3), 7-11.
- Mutlu, C., Tontul, S. A. ve Erbaş, M. (2018). Production of a minimally processed jelly candy for children using honey instead of sugar. *LWT-Food Science and Technology*, 93, 499-505. doi: 10.1016/j.lwt.2018.03.064.
- Mysliwa-Kurdziel, B. ve Solymosi, K. (2017). Phycobilins and phycobiliproteins used in food industry and medicine. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, 17(13), 1173-1193. doi: 10.2174/1389557516666160912180155.
- Nalage, A. B., Chavan, U. D. ve Amarowicz, R. (2014). Studies on preparation of mixed toffee from aonla and ginger. *Italian Journal of Food Science*, 26(2), 127-133.
- Neethu, C. S., Nair, S. V., Anil, P. A., Vinayak, A., Shabu, A., Gowthami, S., Vaishali, G. ve George, J. (2020). Development of calcium rich candy from fish bone powder. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 10(3), 723-730. doi: 10.29322/IJSRP.10.03.2020.p9988.

- Netíková, L., Bogusch, P. ve Heneberg, P. (2013). Czech ethanol-free propolis extract displays inhibitory activity against a broad spectrum of bacterial and fungal pathogens. *Journal of Food Science*, 78(9), M1421-M1429. doi: 10.1111/1750-3841.12230.
- Nhari, R. M. H. R., Ismail, A. ve Che Man, Y. B. (2012). Analytical methods for gelatin differentiation from bovine and porcine origins and food products. *Journal of Food Science*, 77(1), R42-R46. doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02514.x.
- Nishinari, K., Fang, Y. ve Rosenthal, A. (2019). Human oral processing and texture profile analysis parameters: Bridging the gap between the sensory evaluation and the instrumental measurements. *Journal of Texture Studies*, 50(5), 369-380. doi: 10.1111/jtxs.12404.
- Otálora, M. C., de Jesús Barbosa, H., Perilla, J. E., Osorio, C. ve Nazareno, M. A. (2019). Encapsulated betalains (*Opuntia ficus-indica*) as natural colorants. Case study: Gummy candies. *LWT-Food Science and Technology*, 103, 222-227. doi: 10.1016/j.lwt.2018.12.074.
- Palabiyik, I., Toker, O. S., Konar, N., Öner, B. ve Demirci, A. S. (2018). Development of a natural chewing gum from plant based polymer. *Journal of Polymers and the Environment*, 26, 1969-1978. doi: 10.1007/s10924-017-1094-2.
- Park, J. W., Lee, S., Yoo, B. ve Nam, K. (2020). Effects of texture properties of semi-solid food on the sensory test for pharyngeal swallowing effort in the older adults. *BMC Geriatrics*, 20, 1-5. doi: 0.1186/s12877-020-01890-4.
- Pathare, P. B., Opara, U. L. ve Al-Said, F. A. J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 36-60. doi: 10.1007/s11947-012-0867-9.
- Paula, A. M. ve Conti-Silva, A. C. (2014). Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. *Journal of Food Engineering*, 121, 9-14. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.08.007.
- Periche, A., Heredia, A., Escriche, I., Andrés, A. ve Castelló, M. L. (2014). Optical, mechanical and sensory properties of based-isomaltulose gummy confections. *Food Bioscience*, 7, 37-44. doi: 10.1016/j.fbio.2014.05.006.
- Petruzzi, L., Rosaria Corbo, M., Campaniello, D., Speranza, B., Sinigaglia, M. ve Bevilacqua, A. (2020). Antifungal and antibacterial effect of propolis: A comparative hit for food-borne *Pseudomonas*, *Enterobacteriaceae* and *Fungi*. *Foods*, 9(5), 559. doi: 10.3390/foods9050559.
- Piccone, P., Rastelli, S. L. ve Pittia, P. (2011). Aroma release and sensory perception of fruit candies model systems. *Procedia Food Science*, 1, 1509-1515. doi: 10.1016/j.profoo.2011.09.223.
- Pickford, E. F. ve Jardine, N. J. (2000). Functional confectionery. *Functional Food: Concept to Product* (259-286). England: Woodhead Publishing Limited.

- Pobiega, K., Kraśniewska, K. ve Gniewosz, M. (2019). Application of propolis in antimicrobial and antioxidative protection of food quality—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 83, 53-62. doi: 10.1016/j.tifs.2018.11.007.
- Pogorzelska-Nowicka, E., Atanasov, A. G., Horbańczuk, J. ve Wierzbicka, A. (2018). Bioactive compounds in functional meat products. *Molecules*, 23(2), 1-19. doi: 10.3390/molecules23020307.
- Priyadarshani, I. ve Rath, B. (2012). Bioactive compounds from microalgae and Cyanobacteria: Utility and applications. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 3(10), 4123-4130. doi: 10.13040/IJPSR.0975-8232.3(11).4123-30.
- Radočaj, O. F., Dimić, E. B. ve Vujasinović, V. B. (2011). Optimization of the texture of fat-based spread containing hull-less pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed press-cake. *Acta Periodica Technologica*, 42, 131-143. doi: 10.2298/APT1142131R.
- Raei, A., Ali, Y. A. S. ve Daneshi, M. (2017). Microencapsulation of the green pigment of alfalfa and its applications on heated food. *Journal of Food Process Engineering*, 40(5), 1-9. doi: 10.1111/jfpe.12529.
- Ragasa, C. Y., Reyes, J. M. A., Tan, M. C. S., Oyong, G. G., Brkljaca, R., ve Urban, S. (2016). Sterols and triterpenes from *Gundelia tournefortii* L. var *Armata*. *Der Pharma Chemica*, 8(20), 240-243.
- Ranalli, N., Adornato, L., Califano, A. N., ve Andrés, S. C. (2020). Impact of processing conditions and gelling agent on physical and sensorial properties of pecan oil-dulce de leche gummy candies. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, 1-11. doi: 10.1590/1981-6723.17719.
- Rice, T., Zannini, E., K. Arendt, E. ve Coffey, A. (2020). A review of polyols—biotechnological production, food applications, regulation, labeling and health effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(12), 2034-2051. doi: 10.1080/10408398.2019.1625859.
- Riedel, R., Böhme, B. ve Rohm, H. (2015). Development of formulations for reduced-sugar and sugar-free agar-based fruit jellies. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(6), 1338-1344. doi: 10.1111/ijfs.12787.
- Rivero, R., Archaina, D., Sosa, N., Leiva, G., Baldi Coronel, B. ve Schebor, C. (2020). Development of healthy gummy jellies containing honey and propolis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(3), 1030-1037. doi: 10.1002/jsfa.10107.
- Rodríguez-Sánchez, J. A., Victoria, M. T. C. ve Barragán-Huerta, B. E. (2017). Betaxanthins and antioxidant capacity in *Stenocereus pruinosus*: Stability and use in food. *Food Research International*, 91, 63-71. doi: 10.1016/j.foodres.2016.11.023.
- Romo-Zamarrón, K. F., Pérez-Cabrera, L. E. ve Tecante, A. (2019). Physicochemical and Sensory Properties of Gummy Candies Enriched with Pineapple and Papaya Peel Powders. *Food and Nutrition Sciences*, 10(11), 1300-1312. doi: 10.4236/fns.2019.1011094.

- Roos, Y. H. (2010). Glass transition temperature and its relevance in food processing. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1, 469-496. doi: 10.1146/annurev.food.102308.124139.
- Rumora, I., Kobrehel Pintarić, I., Gajdoš Kljusurić, J., Marić, O. ve Karlović, D. (2013). Efficient use of modelling in new food-product design and development. *Acta Alimentaria*, 42(4), 565-575. doi: 10.1556/aalim.42.2013.4.11.
- Sáenz, C., Fabry, A.M., Contador, L. ve Franck, N. (2019). Gummy confections from cactus pear: chemical characteristics, texture profile and sensory quality. *Acta Horti* 1247, 207-212. doi: 10.17660/ActaHorti.2019.1247.28.
- Saha, D. ve Bhattacharya, S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of Food Science and Technology*, 47(6), 587-597. doi: 10.1007/s13197-010-0162-6.
- Sahin, S. ve Sumnu, S. G. (2006). *Physical properties of foods*. USA: Springer Science & Business Media.
- Saini, R. D. (2017). Chemistry of functional foods and their role in disease control. *International Journal of Biotechnology and Biochemistry*, 13(2), 191-203.
- Sakhale, B. K., Chalwad, R. U. ve Pawar, V. D. (2012). Standardization of process for preparation of fig-mango mixed toffee. *International Food Research Journal*, 19(3), 889-891.
- Samsiah, M. S., Moey, S. W., Azizah, A. N. ve Latifah, M. S. (2009). Comparative acceptability and stability of toffee made from powdered and fresh juice of *Morinda citrifolia*. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*, 37(2), 171-178.
- Santos, M. G., Carpinteiro, D. A., Thomazini, M., Rocha-Selmi, G. A., da Cruz, A. G., Rodrigues, C. E. ve Favaro-Trindade, C. S. (2014). Coencapsulation of xylitol and menthol by double emulsion followed by complex coacervation and microcapsule application in chewing gum. *Food Research International*, 66, 454-462. doi: 10.1016/j.foodres.2014.10.010.
- Saranraj, P. ve Sivasakthi, S. (2014). *Spirulina platensis*—food for future: A review. *Asian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 4(1), 26-33.
- Schnitzler, P., Neuner, A., Nolkemper, S., Zundel, C., Nowack, H., Sensch, K. H. ve Reichling, J. (2010). Antiviral activity and mode of action of propolis extracts and selected compounds. *Phytotherapy Research*, 24(S1), S20-S28. doi: 10.1002/ptr.2868.
- Sessler, T., Weiss, J. ve Vodovotz, Y. (2013). Influence of pH and soy protein isolate addition on the physicochemical properties of functional grape pectin confections. *Food Hydrocolloids*, 32(2), 294-302. doi: 10.1016/j.foodhyd.2013.01.013.
- Seth, D. ve Mishra, H. N. (2011). Optimization of honey candy recipe using Response Surface Methodology. *American Journal of Food Technology*, 6(11), 985-993. doi: 10.3923/ajft.2011.985.993.

- Shah, A. B., Jones, G. P. ve Vasiljevic, T. (2010). Sucrose-free chocolate sweetened with *Stevia rebaudiana* extract and containing different bulking agents—effects on physicochemical and sensory properties. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(7), 1426-1435. doi: 10.1111/j.1365-2621.2010.02283.x.
- Sharoba, A. M. (2014). Nutritional value of spirulina and its use in the preparation of some complementary baby food formulas. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 5(8), 517-538. doi: 10.21608/jfds.2014.53033.
- Siegwein, A. M., Vodovotz, Y. ve Fisher, E. L. (2011). Concentration of soy protein isolate affects starch-based confections' texture, sensory, and storage properties. *Journal of food science*, 76(6), E422-E428. doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02241.x.
- Singham, P., Birwal, P. ve Yadav, B. K. (2015). Importance of objective and subjective measurement of food quality and their inter-relationship. *Journal of Food Processing & Technology*, 6(9), 1-7. doi: 10.4172/2157-7110.1000488.
- Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B. ve Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance—A review. *Appetite*, 51(3), 456-467. doi: 10.1016/j.appet.2008.05.060.
- Sonani, R. R., Rastogi, R. P., Patel, R. ve Madamwar, D. (2016). Recent advances in production, purification and applications of phycobiliproteins. *World Journal of Biological Chemistry*, 7(1), 100-109. doi: 10.4331/wjbc.v7.i1.100.
- Soni, R. A., Sudhakar, K. ve Rana, R. S. (2017). *Spirulina*—From growth to nutritional product: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 69, 157-171. doi: 10.1016/j.tifs.2017.09.010.
- Sotiroudis, T. G. ve Sotiroudis, G. T. (2013). Health aspects of *Spirulina* (*Arthrospira*) microalga food supplement. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 78(3), 395-405. doi: 10.2298/JSC121020152S.
- Soundarapandian, P. ve Vasanthi, B. (2008). Effects of chemical parameters on *Spirulina platensis* biomass production: Optimized method for phycocyanin extraction. *International Journal of Zoological Research*, 4(1), 1-11.
- Stanic-Vucinic, D., Minic, S., Nikolic, M. R. ve Velickovic, T. C. (2018). *Spirulina* phycobiliproteins as food components and complements. *Microalgal Biotechnology* (129-149). UK: IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.73791.
- Subramaniam, P. (2016). The stability and shelf life of confectionery products. *The Stability and Shelf Life of Food* (2th ed.) (545-573). Cambridge: Woodhead Publishing. doi: 10.1016/B978-0-08-100435-7.00019-8.
- Szakály, Z., Szenté, V., Kövér, G., Polereczki, Z. ve Szigeti, O. (2012). The influence of lifestyle on health behavior and preference for functional foods. *Appetite*, 58(1), 406-413. doi: 10.1016/j.appet.2011.11.003.
- Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13(4), 215-225. doi: 10.1016/S0950-3293(01)00039-8.

- Tan, J. ve Kerr, W. L. (2017). Determination of glass transitions in boiled candies by capacitance based thermal analysis (CTA) and genetic algorithm (GA). *Journal of Food Engineering*, 193, 68-75. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2016.08.010.
- Tang, G. ve Suter, P. M. (2011). Vitamin A, nutrition, and health values of algae: *Spirulina*, *Chlorella*, and *Dunaliella*. *Journal of Pharmacy and Nutrition Sciences*, 1(2), 111-118. doi: 10.5167/uzh-61173.
- Tau, T. ve Gunasekaran, S. (2016). Thermorheological evaluation of gelation of gelatin with sugar substitutes. *LWT-Food Science and Technology*, 69, 570-578. doi: 10.1016/j.lwt.2016.02.015.
- Thanusan, S., Tharmaratnam, G. ve Gunathilake, K. D. P. P. (2018). Physicochemical evaluation in the development of palmyrah and pineapple mixed fruit toffee. *Annals. Food Science and Technology*, 19(2), 244-249.
- Thiffeault, J. L. (2018). The mathematics of taffy pullers. *The Mathematical Intelligencer*, 40(1), 26-35. doi: 10.1007/s00283-018-9788-4.
- Tobin, A. B., Heunemann, P., Wemmer, J., Stokes, J. R., Nicholson, T., Windhab, E. J. ve Fischer, P. (2017). Cohesiveness and flowability of particulated solid and semi-solid food systems. *Food & Function*, 8, 3647-3653. doi: 10.1039/C7FO00715A.
- Tohamy, M. M., Shaaban, H. A., Ali, M. A. ve Hasanain, A. M. (2019). Effect of *Spirulina platensis* as nutrition source on the chemical, rheological and sensory properties of spreadable processed cheese. *Journal of Biological Sciences*, 19(1), 84-91. doi: 10.3923/jbs.2019.84.91.
- Utomo, B. S. B., Darmawan, M., Hakim, A. R. ve Ardi, D. T. (2014). Physicochemical properties and sensory evaluation of jelly candy made from different ratio of k-carrageenan and konjac. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 9(1), 25-34. doi: 10.15578/squalen.v9i1.93.
- Valli, V. (2014). *Possibilities for the healthy and nutritional improvement of confectionery and sweet products*. (PhD Thesis), University of Bologna, Department of Agricultural, Environmental and Food Science and Technology, Italy.
- Venien, A. ve Levieux, D. (2005). Differentiation of bovine from porcine gelatines using polyclonal anti-peptide antibodies in indirect and competitive indirect ELISA. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 39(3-4), 418-424. doi: 10.1016/j.jpba.2005.04.013.
- Verma, A. (2014). *Development and storage stability of regular and low calorie jam and jelly from pear fruit (Pyrus pyrifolia cv. Gola)*. (PhD Thesis), G. B. Pant University of Agriculture & Technology, India.
- Vitek, E. (2019). *Gundelia (Compositae)*, from one to many species—an ignored diversity. *Bocconeia*, 28, 307-313. doi: 10.7320/Bocc28.307.

- Vitek, E., Leschner, H., ve Armağan, M. (2017). *Gundelia tournefortii* L.(Compositae)–an approach. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien. Serie B für Botanik und Zoologie*, 119, 227-234.
- Vladimirescu, A. F. (2010). Isolation of permeaplasts and spheroplasts from *Spirulina platensis*. *Romanian Biotechnological Letters*, 15(3), 5361-5368.
- Wang, M. (2017). *Thermal behavior characterization of a sugar-based model system and commercial confections across the stages of sugar cooking*. (Master's Thesis), University of Illinois at Urbana-Champaign, Food Science & Human Nutrition Department, Urbana.
- Wang, R., Zhou, W. ve Isabelle, M. (2007). Comparison study of the effect of green tea extract (GTE) on the quality of bread by instrumental analysis and sensory evaluation. *Food Research International*, 40(4), 470-479. doi: 10.1016/j.foodres.2006.07.007.
- Wu, H. L., Wang, G. H., Xiang, W. Z., Li, T. ve He, H. (2016). Stability and antioxidant activity of food-grade phycocyanin isolated from *Spirulina platensis*. *International Journal of Food Properties*, 19(10), 2349-2362. doi: 10.1080/10942912.2015.1038564.
- Wungtanagorn, R. ve Schmidt, S. J. (2001). Phenomenological study of enthalpy relaxation of amorphous glucose, fructose, and their mixture. *Thermochimica Acta*, 369, 95-116. doi: 10.1016/S0040-6031(00)00741-3.
- Wyness, L. (2016). The role of red meat in the diet: nutrition and health benefits. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3), 227-232. doi: 10.1017/S0029665115004267.
- Yamanaka, G., Glazer, A. N. ve Williams, R. C. (1978). Cyanobacterial phycobilisomes. Characterization of the phycobilisomes of *Synechococcus* sp. 6301. *Journal of Biological Chemistry*, 253(22), 8303-8310. doi: 10.1016/S0021-9258(17)34397-1.
- Yang, W., Wu, Z., Huang, Z. Y. ve Miao, X. (2017). Preservation of orange juice using propolis. *Journal of Food Science and Technology*, 54(11), 3375-3383. doi: 10.1007/s13197-017-2754-x.
- Yerasimos, S. (2013). *Tournefort Seyahatnamesi*. (126-127). Editör: Stefanos Yerasimos, Kitap Yayınevi.
- Yılmaz, H. K. ve Duru, M. D. (2011). Syanobakteri *Spirulina platensis*'in Besin Kimyası ve Mikrobiyolojisi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 4(1): 31-43.
- Zeinalian, R., Farhangi, M. A., Shariat, A. ve Saghafi-Asl, M. (2017). The effects of *Spirulina Platensis* on anthropometric indices, appetite, lipid profile and serum vascular endothelial growth factor (VEGF) in obese individuals: a randomized double blinded placebo controlled trial. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 17, 1-8. doi: 10.1186/s12906-017-1670-y.
- Zhang, Y. ve Barringer, S. (2018). Effect of hydrocolloids, sugar, and citric acid on strawberry volatiles in a gummy candy. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1), 1-8. doi: 10.1111/jfpp.13327.

- Zheng, Y., Liu, Z. ve Mo, B. (2016). Texture profile analysis of sliced cheese in relation to chemical composition and storage temperature. *Journal of Chemistry*, 2016, 1-10. doi: 10.1155/2016/8690380.
- Zumbe, A., Lee, A. ve Storey, D. (2001). Polyols in confectionery: the route to sugar-free, reduced sugar and reduced calorie confectionery. *British Journal of Nutrition*, 85(S1), S31-S45. doi: 10.1079/BJN2000260.

